


تربية النباتات تحت ظروف الإجهادات المختلفة والموارد الشحيحة (Low input) والأسس الفسيولوجية لها

إعـداد

الدكتور السيد حامد الصعيدى

أستاذ بقسم المحاصيل

كلية الزراعة بطنطا

جامعة طنطا




الكتـــــــاب : تربية النباتات تحت ظروف الإجهادات المختلفة والموارد الشحيحة (Low input) والأسس الفسيولوجية لها

المؤلـــــف : د. السيد حامد الصعيدي

رقـم الطبعـة : الأولى

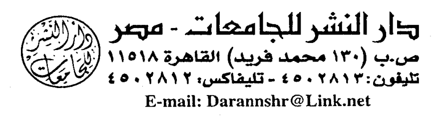
تاريخ الإصدار : ١٤٢٦هـ - ٢٠٠٥م

الناشـــــر : دار النشر للجامعات

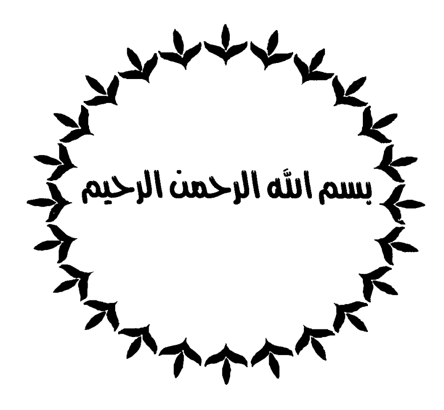
رقـم الإيـداع : ٢٠٠٥/٧٦٧٩

الترقيم الدولي : I.S.B.N: 977-316-156-0

الكـــود : ٢/١٠١



تربية النباتات تحت ظروف الإجهادات المختلفة والموارد الشحيحة (Low input) والأسس الفسيولوجية لها


بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

تؤثر الإجهادات البيئية المختلفة على إنتاجية المحاصيل بما يزيد عن ٢٥٪ مما زاد اهتمام العلماء بتحسين صفات المقاومة للمحاصيل المنزرعة التى تنمو تحت ظروف هذه الإجهادات مما ينعكس على الإنتاج النباتى والذى يعد من أهم مصادر الغذاء للإنسان.

إن دراسة فسيولوجيا الإجهادات وتربية النباتات لتحمل الإجهادات المختلفة من أكثر موضوعات فسيولوجيا النبات صعوبة حيث تعتمد على جميع فروع علوم فسيولوجيا النبات وفسيولوجيا النمو والتميز وعلم بيئة النبات وتربية النبات وتأثير هذه الإجهادات المختلفة على النباتات.

وقد قام مربو النبات بدور كبير وحيوى فى هذه الاتجاهات مما أدى إلى إيجاد طرق أكثر دقة للتقييم والانتخاب للصفات المرغوبة تحت ظروف الإجهادات المؤثرة.

وأسال الله عز وجل أن يسهم هذا العمل المتواضع ليكون عوناً للمهتمين والمشتغلين فى هذا المضمار وأن يكون عوناً للدارسين والباحثين فى المجالات المختلفة للإنتاج النباتى وذلك لدراسة فسيولوجيا إجهاد الحرارة والجفاف والملوحة ونقص العناصر المغذية وتربية النبات وإنتاج المحاصيل الحقلية والبستانية والأراضى مع استعراض عدد لابأس به من الأبحاث المنشورة فى المراجع العلمية - كما أسأله سبحانه وتعالى أن يكون هذا العمل خالصاً لوجهه الكريم.

المؤلف

أ.د. السيد حامد الصعيدى

المحتويات

الفصل الثانى

الموضوع	الصفحة

الفصل الثالث

الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة

الفصل الرابع

الفصل الخامس

الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة

التربية لتحمل الإجهادات المختلفة والموارد الشحيحة

(Low input)

مقدمة

إن الإجهادات المختلفة من أهم المشكلات التى تواجه التوسع الزراعى فى جميع أنحاء العالم وخاصة المناطق الجافة وشبه الجافة وينعكس أثر هذه الإجهادات على الإنتاج النباتى الذى يعتبر المصدر الرئيسى لغذاء الإنسان. وفى الزراعة العالمية وخلال العقدين الأخيرين فإنه قد تزايد اهتمام العلماء بتحسين صفات المقاومة فى المحاصيل المنزرعة تحت ظروف الإجهادات البيئية المختلفة، حيث تبين بصفة عامة أن ما يزيد عن ٢٥٪ من إنتاجية المحاصيل تفقد بشكل أو بآخر بسبب الإجهادات البيئية بأنواعها المختلفة والتى من بينها نقص العناصر والجفاف والملوحة والحرارة.. إلخ.

وبناءً على نتائج الدراسات التى أجريت خلال الخمس عشرة سنة الماضية فقد تركزت الاهتمامات لزيادة القدرة على تحمل نقص العناصر والجفاف وغيرها من الإجهادات المختلفة فى المحاصيل المختلفة عن طريق تبنى واحدة أو أكثر من الإستراتيجيات الآتية:

١- التحسين التدريجى لتحمل النبات من خلال طرق التربية التقليدية والانتخاب.

٢- إدخال المورثات الجينية إلى المحاصيل من أصولها الطبيعية والتى تمتلك صفة التحمل.

٣- استئناس النباتات البرية التى تتحمل الموارد الشحيحة من خلال التربية والانتخاب لتحسين الصفات المحصولية.

٤- الإستراتيجية الواضحة والتى من بينها أن هناك صفات تتحمل نقص العناصر والجفاف وغيرها من الإجهادات المختلفة والتي يمكن تعريفها واستنساخها ومعالجتها خلال المسارات الوراثية التقليدية باستخدام طرق التقنية الحيوية.

٥- استيراد أصناف جديدة تتحمل نقص الموارد فى التربة وزراعتها فى الأراضى القديمة والحديثة .

بجانب زيادة إنتاجية المحاصيل يجب أن تكون التراكيب الوراثية الجديدة للمحاصيل المختلفة أكثر كفاءة لاستخدام كل من العناصر الغذائية المتاحة فى التربة ونقص المياه وكذلك إجراء عمليات خدمة زراعية قليلة وذلك لخفض المدخلات الزراعية (Low input).

لذلك فإن دراسة تربية النباتات للإجهادات المختلفة يتطلب دراسة مستفيضة لفسيولوجيا الإجهاد وتعتمد على جميع فروع علوم فسيولوجيا النبات وكذلك التغذية المعدنية والعلاقات المائية وفسيولوجيا النمو والتكشف وكذلك كيمياء النبات وغيرها من العلوم المتعلقة بتربية النبات.

لذلك يولى مربو النباتات اهتماماً كبيراً فى وضع برامج لاستنباط الأصناف عالية الإنتاجية والجودة والمقاومة للموارد الشحيحة البيئية المختلفة، ومن ثم كان لابد من تفهم الأسس الفسيولوجية والوراثية لتحمل المحاصيل المختلفة للموارد الشحيحة وإمكانية استنباط أصناف جديدة وذلك عن طريق استخدام برامج التربية المختلفة بالطرق التقليدية بالإضافة إلى إمكانية الاستفادة من التقنيات الحديثة مثل التكنولوجيا الحيوية وزراعة الأنسجة فى بعض برامج التربية وذلك للاستفادة منها فى استنباط أصناف جديدة أو استحداث تراكيب وراثية جديدة يمكن استخدامها فى برامج التهجين العادية أو تحديد وتعريف بعض العوامل الوراثية المهمة لاستخدامها كآباء أو كمصادر وراثية لتحمل الموارد الشحيحة والتي يمكن الاستفادة منها فى برامج التربية المختلفة.

والمعالجة الوراثية للمحاصيل يمكن أن تجرى سواء من خلال طرق التربية التقليدية أو الطرق الحديثة. ووفقاً لما ذكره بعض العلماء فإن تطبيق وتطوير طرق زراعة الأنسجة يفتح الباب إلى ثورة خضراء ثانية. ومن المتفق عليه ومؤكداً أن الطرق الحديثة ذات أهمية كبيرة ولكن بسبب

تعقيد جينوم النبات فسوف تنقضى عدة سنوات قبل أن تصبح هذه الطرق ذات استخدام ناجح فى تربية أصناف محاصيل أفضل. لذا فإن أكثر البحوث الزراعية تمويلاً يجب أن تظل مركزة على التحسين بتطبيق الطرق التقليدية، أما البدائل التى من المفترض أن تكون مشجعة بصورة أكبر فإنه يصعب اتخاذ قرار بشأنها حيث إن الفوائد العائدة والمحققة من هذه الطرق الجديدة هى دالة الاعتماد عليها.

وقد أدى الاستغلال السيئ والإدارة غير الرشيدة للأراضى الزراعية فى كثير من الدول النامية إلى التدهور البطىء لهذه الأراضي degradation وزيادة معاناتها من أنواع الإجهادات البيئية وبالتالي انخفاض إنتاجية المحاصيل فيها.

ومصر كغيرها من الدول النامية الواقعة فى المنطقة الجافة وشبه الجافة تواجه أربع مشكلات رئيسية وهى:

(١) المعدل المتزايد من السكان.

(٢) محدودية الموارد الطبيعية من المياه ذات النوعية الجيدة.

(٣) تأثر التربة بنقص العناصر الغذائية والجفاف والملوحة.

(٤) النقص فى الأغذية وبخاصة البقول والحبوب وزيت الطعام

وعلى هذا فإن العديد من الدراسات الحديثة قد وجهت لحل مثل هذه المشكلات وخصوصاً إدارة الأراضى التى تعانى من نقص المياه وارتفاع الملوحة ونقص العناصر الغذائية وذلك من أجل زيادة إنتاجيتها. ففى العادة يتم اختيار المحاصيل بصفة عامة وفقاً لمدى ملاءمتها للظروف البيئية والدورة الزراعية ولمتطلبات السوق. ويتم انتخاب أصناف بعينها وفقاً لمدى مقاومتها وتحملها لظروف الموارد الشحيحة، وعندما تكون التربة والمياه هى سبب الإجهاد فإن المحصول أو الصنف المتحمل للإجهاد هو العامل الأساسى فى عملية الإنتاج وهو عامل مهم،

وطرق التربية التقليدية والانتخاب لتحسين خواص تحمل الإجهاد سواء فى المحاصيل الحساسة أو ذات قوة التحمل المنخفضة والتى لها أهمية اقتصادية كبيرة تتجاوز حدود تحسين إنتاجية المحاصيل المنزرعة فى هذه المناطق المتأثرة بالإجهاد خاصة عند الزراعة فى مناطق الاستصلاح.

ونظراً لقلة المؤلفات باللغة العربية فى تناول تربية وفسيولوجيا النبات لتحمل الإجهادات المختلفة خاصة تحت ظروف الموارد الشحيحة (Low input) ، لذلك فقد تم إخراج هذا الكتاب المتواضع والله المستعان وعلى الله القصد.

المؤلف

أ.د. السيد حامد الصعيدى

الفصل الأول

الفسيولوجيا البيئية Ecophysiology

الفصل الأول
الفسيولوجيا البيئية Ecophysiology

إن دراسة تربية النباتات للإجهادات المختلفة يتطلب دراسة مستفيضة لفسيولوجيا الإجهاد وتعتمد على جميع فروع علوم فسيولوجيا النبات وكذلك التغذية المعدنية والعلاقات المائية وفسيولوجيا النمو والتكشف وكذلك كيمياء النبات وغيرها من العلوم المتعلقه بتربية النبات.

إن فهم الآليات الفسيولوجية والكيميائية- الحيوية والوراثية التى تتحكم بمقاومة أو تحمل السلالة أو الصنف للإجهادات البيئية، تجعل عمليات الانتخاب أكثر فعالية وجدوى.

لذلك فإن علم الفسيولوجيا يهتم بدراسة تأثير العوامل البيئية المختلفة على كل من العمليات الفسيولوجية والأيضية فى النبات.

إن علم الفسيولوجيا البيئية يدمج بين علمى البيئة والفسيولوجيا ، ويهتم بالعلاقة بين العمليات الفسيولوجية وبيئة النبات.

الإجهاد البيئى

لتحسين قدرة المحاصيل على التفاعل مع الإجهاد البيئى يجب فهم الإجهاد وأنواعه والميكانيكيات التى من خلالها تستجيب النباتات طبيعياً لهذا الإجهاد.

ما هو الإجهاد؟ الإجهاد من وجهة نظر علماء الفيزياء هو مجموعة من الظروف تتسبب فى إحداث تغيرات ملموسة فى العمليات الفسيولوجية والتى تؤدى تدريجياً إلى إحداث الضرر.

ومن وجهة نظر علماء الفسيولوجى فإن الإجهاد (Stress) هو انعكاس لمجموعة من

الضغوط البيئية لإحداث تغيرات فى فسيولوجيا النبات تمييزاً له عن الإجهاد المغير للأبعاد (Strain) فيعرف بأنه التغير الجزئى في المادة نتيجة للإجهاد، ويمكن أن يميز بالتغير الفسيولوجى الحادث استجابة للإجهاد البيئى والذى لا يؤدى بالضرورة إلى خفض فى النمو أو التكاثر.

كما أن بعض الباحثين يعرف الإجهاد Stress بأنه تغير فسيولوجى يحدث عندما تتعرض الأنواع إلى ظروف غير عادية وغير مرغوبة لا تهدد بالضرورة حياتها، بل إنها قد تكون حافزاً لاستجابتها للأقلمة لهذه الظروف

فسيولوجيا الإجهاد Stress physiology

يتعرض النبات عادة إلى تغيرات كثيرة فى العوامل البيئية المختلفة التى تحيط بالنبات سواء أكانت هذه التغيرات يومية أو موسمية مما يؤدى إلى تأثر النبات بهذه التغيرات غير الملائمة لنمو النبات وتطورها، وبالتالى تتأثر العمليات الفسيولوجية التى تسببها التغييرات البيئية المختلفة.

ومن هذه التغييرات الفسيولوجية التى تؤثر عليها العوامل البيئية كما ذكرها Leopold and Kriedemann (١٩٧٥) كمايلى:

١- التغير فى العوامل البيئية تسبب تغيراً فى تفاعلات البناء (تأثير الضوء – ثانى أكسيد الكربون على البناء الضوئى)

٢- تسبب تغيرات العوامل البيئية حدوث تغيرات فى مكونات أو تركيب النبات مثل تأثير الضوء على تمدد الأوراق وعلى اخضرار الأوراق.

٣- تسبب تغيرات العوامل البيئية حدوث عملية جديدة لها دور فى تنظيم نمو وتطور النبات.

٤- تسبب تغيرات العوامل البيئية الحد من توزيع ونجاح النبات فى منطقة معينة .

فعلى سبيل المثال نجد أن النباتات تتعرض غالباً خلال دورة حياتها إلى ظروف بيئية قاسية مما يسبب ذلك حدوث إجهاد للنبات.

فنجد أن الإجهاد الناتج عن الجفاف يؤدى إلى انخفاض جهد ضغط الخلايا النباتية وجهد ماء الخلية مما يؤدى إلى قفل الثغور وتثبيط البناء الضوئى وبالتالى تؤثر هذه التغيرات على تثبيط نمو النبات. ولكى يحافظ النبات على حياته واستمراره كان لزاماً عليه أن يتأقلم مع هذه التغيرات لهذه العوامل البيئية اليومية والموسمية. لذلك كان من الضرورى معرفة الأضرار التى تنجم عن تأثير هذه الإجهادات المختلفة ومعرفة ميكانيكية مقاومة النباتات المختلفة لمثل هذه الإجهادات حتى يستطيع مربى النبات إنتاج أصناف جديدة من المحاصيل عن طريق استخدام طرق التربية المختلفة لمقاومة هذه الإجهادات.

فقد يتعرض النبات في دورة حياته إلى درجة حرارة مرتفعة تسبب تسخين أنسجته، وتؤدي إلى ارتفاع كبير في معدل النتح، وينتج عن ذلك ذبول النبات. إن الارتفاع الكبير في درجة الحرارة يسبب عدم اتزان في العمليات الأيضية، مما قد يؤدي إلى تراكم بعض المركبات السامة أو نقص في بعض المركبات المهمة لحياة النبات. وقد تسبب الحرارة المرتفعة تعرض النبات إلى المجاعة، نظراً لزيادة معدل التنفس على معدل البناء الضوئي. قد يتعرض النبات كذلك في دورة حياته إلى درجة حرارة منخفضة جدًا، قد تصل إلى درجة التجمد، وقد يؤدي ذلك إلى تجمد أنسجة النبات واختلال في العمليات الفسيولوجية والأيضية. قد يتعرض النبات إلى تغيرات كبيرة في المحتوى المائي للوسط البيئي، تتراوح بين زيادة كبيرة في ماء التربة يصل إلى درجة الغمر flooding (يسبب نقصاً في محتوى التربة من الأكسجين)، أو يصل النقص في محتوى التربة إلى درجة الجفاف drought. ويسبب الجفاف انخفاضاً لكل من جهد ماء وجهد ضغط الخلايا النباتية، ويؤدي إلى انغلاق الثغور وتثبيط البناء الضوئي، وجميع هذه التغيرات تسبب تثبيط نمو النبات. وكي يحافظ النبات على حياته واستمرار جنسه فإنه يتأقلم مع التغيرات اليومية والفصلية في العوامل البيئية.

تقسيم شدة إجهاد الجفاف بواسطة Hsiao (١٩٧٣) إلى ثلاثة أقسام هى:

١ ـ الإجهاد الضعيف Mild stress:

وهو عبارة عن نقص جهد ماء خلايا النبات بعد قليل من البارات – أو نقص المحتوى المائى النسبى بما يتراوح ما بين ٨–١٠ ٪ مقارنة بالنباتات المروية جيداً.

٢ ـ الإجهاد المتوسط Moderate stress:

عبارة عن نقص جهد ماء النبات إلى ١٢–١٥ بارا – أو نقص المحتوى المائى النسبى أكثر من ١٠ ٪ ولا يصل إلى ٢٠٪.

٣ ـ الإجهاد الحاد Severe stress :

عبارة عن نقص جهد ماء النبات بأكثر من ١٥ بارا – أو نقص المحتوى المائى النسبى أكثر من ٢٠ ٪.

(المحتوى المائى النسبى Relative water content هو عبارة عن المحتوى المائى كنسبة مئوية للأنسجة النباتية مقارنة بمحتواها المائى عند الامتلاء التام).

$$\text{المحتوى المائى النسبى} = \frac{\text{الوزن الرطب} - \text{الوزن الجاف}}{\text{وزن التشبع} - \text{الوزن الجاف}} \times ١٠٠$$

وقد ذكر Levitt (١٩٨٠) أضرار الإجهاد وقسمها إلى ثلاثة أنواع:

١ ـ أضرار مباشرة نتيجة للتعرض للإجهاد Direct injury

وهذا الضرر يحدث عند التعرض للإجهاد حيث ينتج عنه شد غير مرن Plastic strain ويؤثر هذا الشد تأثيراً مباشراً وسريعاً على الكائن الحى، ويحدث موت للنبات بعد التعرض لهذا الإجهاد بعد فترة قصيرة ، وذلك كما يحدث عند تعرض النبات لدرجة حرارة منخفضة لدرجة التجمد بشكل فجائى، فإن بروتوبلازم النبات يحدث له تجمد ويتمزق الغشاء البلازمى بسبب وجود البلورات الثلجية التى تكونت ، وبالتالى يفقد البروتوبلازم خاصية النفاذية الاختيارية

وبالتالى تموت الخلية من جراء التعرض لهذا الإجهاد الفجائى. ويكون الضرر الناتج عن هذا الإجهاد ذا تأثير مباشر على النبات.

٢ - أضرار غير مباشرة نتيجة التعرض للإجهاد Indirect injury

وهذا الضرر يحدث عند التعرض للإجهاد بصورة غير مباشرة وليس بصورة مباشرة على النبات . وفى هذه الحالة يحدث شد مرن Elastic strain (عكسى) غير ضار نتيجة التعرض للإجهاد، ولكن إذا طالت مدة تعرض النبات للإجهاد فمن الممكن أن يتحول هذا الشد المرن إلى شد غير مرن Plastic strain (غير عكسى) وهذا النوع ممكن أن يسبب ضرراً للنبات وقد يؤدى إلى موته، وذلك كما يحدث عند تعرض النبات لدرجة حرارة منخفضة لاتسبب التجمد لأنسجة النبات مما يؤدى إلى حدوث شد مرن يحدث معه نقص فى معدل جميع العمليات الكيميائية والفيزيائية فى داخل النبات التى لا تكون ضارة ولكن قد يحدث فى بعض الحالات تأثر بعض العمليات بدرجة أكبر من عمليات أخرى وبالتالى يحدث عدم اتزان فى العمليات الأيضية للنبات، وقد تتراكم بعض المركبات السامة، وبالتالى يكون الضرر الناتج عن هذا الإجهاد ذو تأثير غير مباشر على النبات .

٣ - ضرر ثانوى نتيجة للتعرض للإجهاد: Secondary injury

وهذا الضرر الثانوى يحدث عند التعرض للإجهاد ولكن لا ينشأ عن الشد الذى يحدثه ذلك الإجهاد ، ولكن ينشأ بسبب إجهاد آخر والذى يكون نتيجة تعرض النبات لذلك الإجهاد، وذلك كما يحدث عند تعرض النبات إلى درجة حرارة مرتفعة فإن هذا الإجهاد (التعرض للحرارة المرتفعة) لا يضر النبات بصورة مباشرة ولكن قد يسبب إجهاداً آخر وهو الإجهاد الجفافى فى النبات نتيجة لزيادة معدل البخر نتح Evapotranspiration على معدل الامتصاص وبالتالى ينتج شداً بسبب الإجهاد الجفافى مما يحدث ضرراً للنبات ، وهذا ما يطلق عليه بالضرر الثانوى.

أنواع الإجهاد: هناك تنوع واختلاف فى أنواع الإجهاد التى تؤثر على العمليات

الفسيولوجية للنبات.

وبصفة عامة يقسم الإجهاد إلى ثلاثة أنواع:

١ – الإجهاد الفيزيقى (Physical stress): فما يعزي إلى الإجهاد الفيزيقى للبيئة هو كل ما يؤثر على الأنماط الفسيولوجية بطريقة إيجابية أو سلبية، فعلى سبيل المثال يزيد الجفاف من النشاط الإنزيمى إلى حد معين وإذا زاد عن ذلك فإنه يحدث تثبيط قوى.

٢ ـ الإجهاد الكيميائى(Chemical stress): هناك تأثيرات كيميائية للبيئة يمكن أن تعمل كإجهاد إذا لم تتواجد بصورة طبيعية فى البيئة مثل التلوث والمبيدات أو الزيادة المرتفعة فى تركيز الملوحة أو pH.

٣ ـ الإجهاد الحيوى أو البيولوجى (Biological stress): أما الإجهاد الحيوى فهو الذى يختص بميكانيكيات التداخل بين المجتمعات (العشائر)، والبعض منها مثل الأمراض والتى تعتبر ذات أهمية كبيرة فى النظم الزراعية.

ويعتبر الإجهاد البيولوجى هو العامل البيئى القادر على إحداث شد يسبب أضراراً للكائن الحى وذلك كما عرفه Levitt (١٩٨٠) حيث يحدث للكائن الحى عند تعرضه لإجهاد بيولوجى شد فيزيائى (الشد الطبيعى) Physical strain أو شد كيميائى Chemical strain – وإذا زاد هذا الشد عن حد معين فإنه يحدث تغيراً دائماً أو أضراراً تؤدى إلى موت الكائن الحى الذى تعرض لهذا الإجهاد، حيث إن أول ما يتأثر فى النبات نتيجة الإجهاد البيولوجى ذى شدة خفيفة هو العمليات الحساسة، أما إذا زادت شدة الإجهاد فتتأثر العمليات الحساسة إضافة إلى بدء تأثر عمليات أخرى.

إن الشد الذى يسببه الإجهاد يزيد مع زيادة شدة الإجهاد، ويمكن أن تعود العمليات المتأثرة بالإجهاد إلى وضعها الطبيعى عندما يزول هذا الإجهاد وهذا إذا كان الإجهاد خفيفاً.

أما إذا كان الإجهاد شديداً فإن الشد الذى حدث فى النباتات يصبح ثابتاً ودائماً ولا يزول

بزوال الإجهاد.

وبالرغم من الفصل بين أنواع الإجهاد فإنه تحت ظروف معينة قد تتعرض النباتات إلى عدد من هذه الإجهادات مرة واحدة مع حدوث تداخل بينها.

وتقسم العوامل البيئية كما ذكرها Levitt (١٩٨٠) عن العوامل البيئية المجهدة إلى قسمين هما :

١- مجموعة العوامل الأحيائية Biotic factors.

٢- مجموعة العوامل غير الأحيائية Abiotic factors وتسمى مجموعة العوامل الفيزوكيميائية Physiochmeical factors

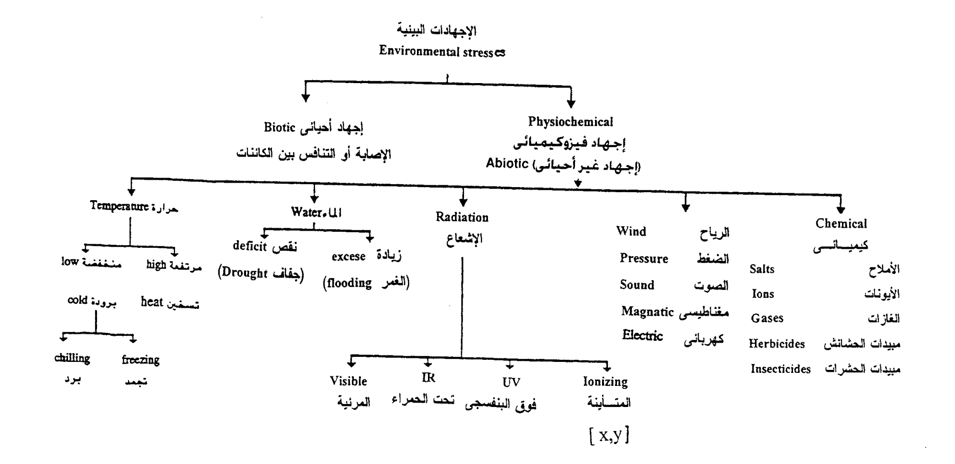
وتقسم المجموعة غير الإحيائية إلى ثلاث مجموعات كما ذكرها مجاهد وآخرون (١٩٨٧) وهي :

أ- مجموعة العوامل الجوية (المناخية) Atmospheric (Climatic) factors

ومن العوامل الجوية (المناخية) الضوء – درجة الحرارة – الغلاف الجوى- الهواء – الماء – التضاريس والعوامل الأخرى التى يكون لها تأثير كبير على نمو وتطور النبات وتنظيم العمليات الفسيولوجية والتفاعلات الكيميائية فى الخلية.

ب- مجموعه عوامل التربة Soil (Edaphic) factots

ومن عوامل التربة: الماء والعناصر المعدنية والمواد العضوية ومسامات التربة التى تحتوى على محلول التربة والهواء – الكائنات الحية الدقيقة وحيوانات التربة مثل الديدان.



شكل رقم (١) يبين العوامل البيئية المجهدة التي قد تتعرض لها الكائنات الحية **Levitt** (١٩٨٠) .

جـ- مجموعة العوامل الطبوغرافية Topographic (Orgraphic) factors

وتستجيب النباتات للعوامل البيئية عند حد معين وهو ما يطلق عليه بالحد الأمثل Optimum حيث تصل جميع العمليات الفسيولوجية والأيضية لأقصى معدل لها ، ولكن إذا زادت أو قلت شدة أو تركيز العامل البيئى فإن معدل العمليات يقل. ولكل عامل من العوامل البيئية المختلفة حد أدنى وحد أمثل وحد أقصى.

واستجابة العمليات الفسيولوجية للعوامل البيئية المختلفة تنقسم إلى أربعة أقسام كما ذكرها Fitter and Hay (١٩٨١) كما يلى:

١- الظروف المناسبة Favorable conditions : وهذه هى الظروف البيئية التى يصل فيها النمو وجميع العمليات الفسيولوجية الحيوية فى معظم النباتات إلى أقصاها.

٢- الظروف غير المناسبة Unfavorable conditions: وهذه هى الظروف البيئية التى تؤدى إلى نقص فى العمليات الأيضية ، ولكنها لا تسبب أضراراً فيزيائية وكيميائية لمعظم الأنواع النباتية.

٣- الظروف الطبيعية Natural conditions

٤- تأثير السمومية Toxicity effect

ويحدث ذلك عندما يصل تركيز العامل البيئى إلى حد معين ، ويتداخل العامل البيئى مع العمليات الأيضية مما يؤدى إلى تأثير سام على النبات كما فى تأثير Heavy metales (العناصر الثقيلة) وهذا يؤدى الى تثبيط نشاط عديد من الإنزيمات المختلفة.

استجابة النبات للإجهاد: تستجيب النباتات للإجهاد بطرق مختلفة، فبعض النباتات تهرب من الإجهاد باستكمال نموها خلال فترات الإجهاد الأقل ، أو ربما تعانى من الضرر إذا ما تواجد الإجهاد دون القدرة على التعامل معه، وفى حالات أخرى يحدث تأخر فى التمثيل الغذائى ربما يؤدى إلى أن النبات إما أن يتجنب الضرر أو يزيد تحمله للإجهاد.

إن بعض النباتات ربما يصيبها الضرر عن طريق الإجهاد مما يعنى ظهور خلل أو أكثر من الخلل الوظيفى فى التمثيل الغذائى، إذا ما كان الضرر متوسطاً وقصير المدة فيمكن أن يكون الضرر مؤقتاً وتنجو منه النباتات بعد زواله، أما إذا كانت حدة الإجهاد قوية بدرجة كافية فيمكن أن تمنع التزهير وتكوين البذور، وبعض النباتات تهرب من الإجهاد بقصر مدة نموها كما يحدث فى النباتات الصحراوية، فالنباتات قصيرة المكث تنبث بذورها الساكنة وتنمو وتزهر بسرعة كبيرة وفقاً للمطر الموسمى وبالتالى فهى تكمل دورة حياتها وتكون بذوراً خلال فترة الرطوبة المناسبة قبل حلول موسم الجفاف.

إن نقصان الرطوبة أو الإجهاد الجفافى ما هو إلا حصيلة لعدم التوازن بين ماء التربة وكمية الماء المطلوبة من قبل النبات. ولا يؤثر ذلك تأثيراً متشابهاً على جميع أطوار النبات الفينولوجية ، حيث إن بعض العمليات الفسيولوجية فى النبات أقل حساسية لنقص الماء (الإجهاد الرطوبى) بالقياس مع عمليات أخرى.

والعديد من النباتات لها قدرة كبيرة فى مقاومة الإجهاد من خلال أى من الاحتمالين: إما تحمل الإجهاد أو تتفادى الإجهاد، ففى حالة التحمل يكون للنباتات ميكانيكيات تحافظ بها على نشاط تمثيلى عالى (مماثلاً للحادث فى حالة غياب الإجهاد) تحت ظروف الإجهاد الحاد. وتحمل الجفاف على سبيل المثال يحتاج إلى أن يقاوم الكائن الحى الجفاف الحادث فى البروتوبلازم دون حدوث ضرر للمحافظة على معدل النمو العادى أو إعادة بناء البروتوبلازم إذا ما حدث له جفاف، وعلي العكس من ذلك فإن ميكانيكيات تفادي الإجهاد في بعض النباتات تؤدي إلى خفض النشاط التمثيلى بها ودخولها فى حالة سكون عند التعرض للإجهاد ثم استئناف النشاط عند تحسن الظروف.

وهناك اصطلاحان آخران يختصان بتحمل الإجهاد وهما الأقلمة والمواءمة.

الأقلمة:

من الصعب تعريف التأقلم بدقة، فهو يستخدم للتعبير عن الأصل التطوري لصفة ما،

وكذلك يستخدم للتعبير عن مدى مساهمة صفة معينة في تمكين الكائن الحي للمعيشة في بيئته. من تعريفات التأقلم كذلك أنه التحورات التركيبية والوظيفية القابلة للتوارث، والتي تزيد من احتمال معيشة الكائن الحي في بيئة معينة. ونادراً ما يقتصر وجود الكائن في بيئة ما على تأقلم صفة واحدة لتلك البيئة، وإنما يعتمد على مجموعة من الصفات لها دور كبير في تقليل الأضرار، التي من المحتمل أن تسببها تلك البيئة.

تتميز أفراد المجتمعات النباتية بوجود اختلافات وراثية، وهذه الاختلافات هي التي تجعل بعض الأفراد حتى في النوع النباتي الواحد أكثر تأقلماً من الناحية الفسيولوجية لبعض الظروف البيئية القاسية من الأفراد الأخرى. إن النباتات المتأقلمة للإجهادات البيئية أكثر مقدرة على التنافس والعيش في البيئات القاسية.

إن أي صفة في الكائن الحي لها فائدة تساعده فى أن يعيش في ظروف معينة في موطنه تسمى تأقلماً، وهذه الصفة تمكن الكائن من الاستفادة التامة من المواد المتوفرة في موطنه واستخدامها مثل استخدام العناصر الغذائية والماء والضوء. وتعدد الصفات التأقلمية تساعد الكائن على استخدام مصادر الطبيعة في موطنه بشكل أفضل وأكثر فعالية. إن ما يحدث أثناء تطور المملكة النباتية للعديد من التحورات التركيبية والوظيفية نتيجة الطفرات الوراثية، ونتيجة الاتحاد العشوائي للجينات، فإن بعض هذه التحورات الناتجة لها فائدة إحيائية في مساعدة النبات على العيش والتكاثر. فمثلاً النباتات التي تستوطن بيئات ذات صفات جفافية يحدث بها عديد من التحورات سواء في الصفات الظاهرية أوالفسيولوجية مثل وجود الأدمة السميكة، وكثافة المجموع الجذري، والجهد الأزموزي المنخفض التي تساعدها على أن تعيش فى مثل هذه الظروف القاسية وغير الملائمة للنمو.

تعزى إلى أى تغيير وراثى فى التركيب والوظيفة مما يزيد من كفاءة الكائن على مقاومة الإجهاد. فالتعديلات المورفولوجية والفسيولوجية المرتبطة بحامض (CAM) الكراسولاسيان المسئول عن تنظيم التمثيل الغذائى فى النبات هو مثال للتأقلم.

المواءمة:

إن المواءمة لا تعزى إلى سبب وراثى بل إلى تعديلات فسيولوجية تحدث في أثناء حياة الأفراد من خلال تعرضها التدريجى للإجهاد، فعلى سبيل المثال يمكن لبعض الأفراد فى وجود الملوحة أن تعيش وتتكاثر ولكن دون نقل لهذه الصفة للأجيال التالية وذلك لغياب العوامل الوراثية لها فى هذه النباتات.

وعملية المواءمة للإجهاد تعرف باسم التقسية وتلك النباتات التى لها صفة المواءمة تسمى بالنباتات المقساة. ولهذا فإن النباتات التى يحدث لها تقسية تحت ظروف الجفاف هى تلك النباتات التى تواءمت لتكون قادرة على تحمل الإجهاد المائى.

التقسية Hardening

إن تعريض الكائن الحى إلى عدة مرات من الإجهاد الخفيف، يساعد هذا الكائن الحى على التقليل من أضرار الإجهاد الشديد عند تعرضه له، فمثلاً عند تعريض النبات إلى إجهاد جفاف خفيف (تقسية ضد الإجهاد)، بتقليل عدد مرات الري، والتي تؤدي إلى نقص في حجم الأوراق، وزيادة في سمك الأدمة وزيادة النسبة بين المجموع الجذري إلى المجموع الخضري فإن ذلك يساعد النبات على مقاومة إجهاد الجفاف الشديد.

إن النباتات التي تستوطن بيئات ذات ظروف بيئية قاسية تمتلك صفات مورفولوجية وتشريحية وأيضية وفسيولوجية، تمكنها من التأقلم للعيش في تلك البيئات، وتمكنها من مقاومة الظروف البيئية غير الملائمة للنمو.

مقاومة النبات للإجهاد

عرف Levitt(1980) مقاومة النبات للإجهاد بأنه مقدار الإجهاد اللازم لإحداث شد معين طبقاً للمعادلة الرياضية التالية:

المقاومة= إجهاد/ شد

ويرى هذا العالم أن الشد الذي يمكن اتخاذه معياراً هو موت ٥٠٪ من النسيج النباتي. ويصبح تعريف مقاومة الإجهاد بأنه مقدار الإجهاد اللازم لموت ٥٥٪ من النسيج النباتي. إن المقاومة هي مقياس لمقدرة الكائن الحي على التعايش مع الإجهاد البيولوجي.

وقد قسم Levitt المقاومة إلى نوعين:

١ - المقاومة بالتجنب Stress avoidance

حيث لا يستطيع النبات تغيير الظروف البيئية التي يعيش فيها، ولكن بعض الأنواع النباتية القادرة على مقاومة نوع معين من الإجهاد، تستطيع أن تمنع أو تقلل من دخول الإجهاد إلى داخلها، وبذلك فهي تتجنب الوصول إلى حالة اتزان مع الإجهاد. والنباتات التي تقاوم الإجهاد بهذه الطريقة إما أن تستخدم طرقاً فيزيائية (طبيعية) تعزل بها أنسجتها من الإجهاد، أو تستخدم طرقاً كيميائية أو أيضية لاستبعاد الإجهاد. فمثلاً هناك بعض النباتات التي تعيش في بيئة مالحة تقاوم الإجهاد الملحي بالتجنب، ويكون تركيز الأملاح في أنسجتها منخفضاً، لذلك فإن مقاومة الإجهاد بالتجنب تشمل كذلك تجنب الشد، الذي من الممكن أن يحدثه الإجهاد.

٢ - تحمل الإجهاد Stress tolerance

لا تستطيع بعض النباتات منع دخول الإجهاد إلى أنسجتها، ولكنها مع ذلك تقاوم الإجهاد، مع أن خلاياها تحتوي على الإجهاد، وبالتالي فإن أنسجتها معرضة للشد، الذي من الممكن أن يسببه الإجهاد، وهي إما أن تمنع حدوث الشد أو تقلل من حدوثه. إن النباتات التي تقاوم الإجهاد بالتحمل قادرة على الوصول إلى اتزان مع الإجهاد، ولكنها لا تتضرر به، وهي قادرة على منع ضرر الشد الذي يحدثه الإجهاد أو تقليله أو إصلاحه.

الفصل الثاني

التربية لتحمل نقص العناصر المغذية

الفصل الثانى
أولاً: التربية لتحمل نقص العناصر المغذية

قبل أن نستعرض ونتناول الحديث عن التربية لتحمل نقص العناصر المغذية يجب معرفة كيفية نشأة العناصر فى التربة وكذلك وجود المادة العضوية فى التربة ومصادر العناصر الغذائية للنبات وتأثير نقص العناصر وكيف يحدث فقد للعناصر من التربة؟

الأرض كبيئة لنمو النبات:

Soil as a medium for plant growth

تعرف الأرض بأنها جسم معقد يتميز بالديناميكية عند سطح القشرة الأرضية ويرتبط بشكل عام مع ظروف المناخ أو أنها "كتلة طبيعية متجمعة على سطح الكرة الأرضية، وتحتوى على المادة الحية، وتقوم بتدعيم النباتات ولها من الصفات والخصائص التى تختلف عن طبقة الصخور الواقعة تحتها كنتيجة لتفاعلات متداخلة خلال وحدة الزمن والمناخ فى وجود الكائنات الحية الدقيقة، ومادة الأصل وطبوغرافية المكان" وذلك كما ذكر فى تقسيم الأراضى عام ١٩٧٥.

إن هذا التعريف يأخذ فى الاعتبار الشكل الطبيعى للأرض والعديد من التفاعلات المختلفة والتى تعتبر كعوامل لتكوين الأراضى. ولذلك فإن التربة هى عبارة عن مادة شديدة التعقيد تتكون من حبيبات معدنية نتجت من تجوية الصخور، وأخرى عضوية نتجت من تحلل المادة العضوية والكائنات الحية الدقيقة بالإضافة إلى الماء والهواء الأرضى. والتربة الجيدة تأخذ عدة مئات من السنوات حتى تتكون نتيجة للتفاعلات المختلفة للصخور تحت ظروف الحرارة والماء والعوامل البيولوجية، بالإضافة إلى تحلل البقايا النباتية والحيوانية عن طريق الكائنات الحية الدقيقة والحيوانات الأرضية، وعلى ذلك فإنه تنشأ أرض مختلفة فى صفاتها الكيميائية الأمر الذى

يؤدى إلى تغير صفات التربة باستمرار.

وتعتبر الأرض الزراعية soil هى المهد الطبيعى لنمو النبات، وفيها تمتد وتتعمق جذوره لكى يبحث عن الماء والغذاء، وبالتالى يتأثر نمو النبات بخواص هذا المهد وقدرته على إمداد النبات باحتياجاته من العناصر الغذائية المختلفة بالكميات المناسبة وفى الوقت المناسب.

وعلى قدر التوازن والتكامل فى العناصر الغذائية الموجودة فى بيئة الجذور على قدر ما ينمو النبات نمواً طبيعياً ويغل محصولاً جيداً، ولكن اذا اختل التوازن الغذائى فى بيئة الجذر من نقص عنصر أو أكثر عن المستوى المطلوب للامتصاص أو زاد تركيز عنصر أو أكثر فإن ذلك ينعكس على توازن هذه العناصر داخل أنسجة النبات مما يسبب خللاً فى النمو الطبيعى للنبات ويترتب عليه نقص فى كمية المحصول أو جودته وبالتالى ينعكس على صحة الإنسان.

المادة العضوية فى التربة Organic matter in the soil

تُعتبر المادة العضوية من المكونات المهمة جداً للتربة ذات النشاط الكيميائى. ويختلف محتوى الأراضى من المادة العضوية، حيث تكون نسبتها فى أراضى المناطق الجافة ذات المناخ الحار منخفضة.وتتكون المادة العضوية من مخلفات النباتات والأحياء وأهمها الجذور والأوراق المتساقطة ومخلفات المحاصيل عند الحصاد، وتتكون كذلك من الكائنات الحية الدقيقة الأرضية مثل البكتريا - الطحالب - الفطريات والديدان الأرضية وتوجد فى حالة مخلوط مع معدن التربة. ونجد أنه تحت الظروف الحقلية تعتبر مخلفات المحاصيل، التسميد الأخضر، الأسمدة العضوية الصناعية، ومخلفات مزارع الدواجن هى المصادر الأساسية للمادة العضوية فى التربة الزراعية. ومما سبق يتضح أن غالبية المادة العضوية هى من بقايا النباتات، وعلى ذلك فهى تحتوى على جميع العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات وبنفس نسب تواجدها داخله. وتؤدى مهاجمة الكائنات الحية الدقيقة فى الأرض للمادة العضوية (والتى تستخدمها كمصدر للطاقة) إلى تغيرات فى كميات العناصر الغذائية المكونة لها وفى نسب هذه العناصر بعضها البعض حيث

تُفقد بعض العناصر مثل الكربون والأكسجين والأيدروجين بكميات كبيرة، والبعض الآخر مثل النتروجين والفوسفور والكبريت بكميات أقل. وتعمل الكائنات الحية كذلك على تحسين التهوية فى التربة حيث إنها تصنع أنفاقاً فى باطن الأرض – كما يمكن زراعة محصول بغرض قلبه فى التربة كسماد أخضر قبل موسم الزراعة وذلك لتحسين المادة العضوية بالتربة وبالتالى تُحد من استخدام الأسمدة المعدنية وكذلك نقلل من تكاليف الإنتاج والحد من التلوث فى الماء الأرضى. ويجب أيضاً ألا نغفل عن أهمية تعاقب المحاصيل البقولية مع المحاصيل الأخرى باتباع تطبيق الدورات الزراعية المناسبة لكل منطقة.

رقم حموضة التربة (pH) وعلاقته بصلاحية العناصر الغذائية للنبات

أولاً: ارتفاع (pH) التربة عن ٨ :

هذه الأراضى هى التى يرتفع بها رقم الـ (pH) عن ٧ فتصبح هذه الأراضى قلوية ويحدث للعناصر الغذائية مايلى:

١ - الفوسفور: فى وجود الكالسيوم، يتحول الفوسفور إلى فوسفات الكالسيوم الثنائية ثم الثلاثية $Ca_3(PO_4)_2$ أو يتكون فوسفات الحديدوز أو فوسفات الألومنيوم وبالتالى يقل الفوسفور الميسر للنبات. ومع ارتفاع الرقم عن ٨,٥ وفى وجود الصوديوم يصبح الفوسفور ذائباً فى صورة فوسفات صوديوم ذائبة.

٢ - البورون: يصبح هذا العنصر ميسراً لدرجة السمية وخاصة فى الأراضى الملحية والصودية.

٣ - الصوديوم: معظم الأراضى ذات pH أعلى من ٨,٦ تحتوى على عنصر الصوديوم حيث تكون نسبة الصوديوم المتبادل (E.S.P) أكبر من ١٥٪، مما يؤثر على البناء الأرضى وبالتالى لابد من إجراء عملية استصلاح وذلك عن طريق إضافة الجبس الزراعى حتى يتم تحسين صفاتها.

٤ - عملية التأزت بارتفاع (pH) التربة : يقل النشاط البكترى وبالتالى تقل عملية التأزت (تحول الأمونيوم إلى نترات). كذلك يؤدى ارتفاع رقم الـ pH كما هو فى الأراضى القلوية إلى تطاير الأمونيا من الأرض عند إضافة الأسمدة النشادرية لها.

٥ - العناصر الصغرى : تقل درجة صلاحية العناصر الصغرى وذلك بزيادة pH التربة عدا عنصر المولويبدنيوم Mo الذى تزيد درجة صلاحيته.

ثانياً: انخفاض pH التربة عن ٥,٥ :

هذه الأراضى هى التى ينخفض فيها رقم الـ (pH) عن ٧ فتصبح هذه الأراضى حامضية ويحدث للعناصر الغذائية مايلى:

١ - الفوسفور: يحدث لعنصر الفوسفور ترسيب وذلك لاتحاده مع عنصرى الحديد والألومنيوم وبالتالى تتكون مركبات غير ميسرة للنبات.

٢ - العناصر الصغرى Micronutrients: كل العناصر الصغرى تصبح أكثر ذوباناً بزيادة الحموضة ، وأعراض نقص هذه العناصر نادراً ما تظهر عند pH أقل من ٧ تقريباً عدا عنصر المولويبدنيوم Mo

٣ - الألومنيوم: مع انخفاض رقم pH التربة عن ٥,٥ ينفرد عنصر الألومنيوم نتيجة لتهدم معادن الطين، ويصبح ذائباً لدرجة السمية بالنسبة للنبات.

٤ - عملية التأزت Nitrification : بانخفاض pH التربة عن ٥,٥ يقل النشاط البكتيرى، وبالتالى تقل عملية معدنة النتروجين العضوى وبالتالى عملية التأزت مما يؤثر على مستوى النتروجين الصالح للنبات فى الأرض.حيث وجد أن السيادة تكون للفطريات عند pH أقل من ٥,٥ بينما تكون السيادة للبكتريا عند pH مرتفع عن ذلك.

بالإضافة إلى ما سبق فإن جذور النباتات تتأثر بتفاعل التربة، حيث ينخفض نمو النباتات بشدة فى الأراضى شديدة الحموضة وذلك نتيجة لذوبان الألومنيوم مما يؤدى إلى سمية الجذور.

وتختلف النباتات فى مدى تحملها لدرجات متفاوتة من الـ pH فى الأراضى حيث يختلف الـ pH الأمثل لنمو النباتات من محصول إلى آخر. فنجد أن نباتات مثل الشعير والدخان والبرسيم تنمو بطريقة جيدة فى الأراضى القاعدية الخفيفة. بينما الأرز فإنه ينمو بدرجة جيدة فى مدى واسع من الـpH حيث ينمو تحت ظروف الأراضى المغمورة بالماء.

كيفية حصول النبات على حاجته من العنصر الغذائى

يوجد أى عنصر غذائى فى أكثر من صورة فى النظام الأرضى، وأن النبات يمتص العنصر الغذائى فى صورته الأيونية وهذه الصورة تكون ذائبة فى المحلول الأرضى. إلا أن مقادير هذه الصورة قد تكون قليلة جداً وقد لا تفى بحاجة النبات، بينما الجزء الأكبر منه يتواجد على صورة غير ذائبة ويكون مرتبطاً بالطور الصلب من الأرض وذلك إما داخل فى تركيب المعادن الأرضية أو مدمصاً على أسطح الغرويات الأرضية المعدنية منها والعضوية أو متداخل فى تركيب المادة العضوية.

وعند امتصاص النبات للعناصر الغذائية من المحلول فإنه يقل تركيز هذه العناصر فى المحلول الأرضى وخاصة فى المناطق المحيطة بالجذر. ويتبع ذلك انطلاق كمية من العناصر الموجودة داخل الجزء الصلب أو المتبادلة على أسطحه إلى المحلول الأرضى وبالتالى يرتفع تركيزها مرة أخرى.

وتتم عملية حصول النبات على حاجته من العنصر الغذائى بالخطوات التالية:

١- انتقال العنصر الغذائى خلال المحلول الأرضى إلى جذر النبات.

٢- امتصاص العنصر (الأيون) بواسطة الجذر.

٣- انتقال العنصر داخل النبات من الجذر إلى الأجزاء الهوائية.

ويعتبر العنصر (أى عنصر) ضرورياً للنبات إذا ما توفرت فيه الشروط التالية:

١- دخول العنصر فى تركيب الجزىء أو المركب الأساسى فى الكائن الحى مثل دخول عنصر النتروجين فى جزىء البروتين ، وعنصر الماغنسيوم فى جزىء الكلورفيل ، والمولوبيدنيوم فى إنزيم نترات الريديوكتاز الموجود فى بكتيرويد العقد الجذرية فيزيد كفاءة العقد وغيرها من العناصر الأخرى.

٢- يؤدى نقص العنصر لنمو النبات بصورة غير طبيعية ولا يكمل دورة حياته مثال ذلك إما تكوين بذور ليست بها حيوية أو موت النبات قبل مرحلة النضج.

٣- يكون تأثير العنصر تأثيراً مباشراً على نمو النبات أو الأيض الحيوى.

مصادر العناصر الغذائية للنبات Plant Nutrition Sources

يمكن تحديد مصادر العناصر الغذائية للنبات فى مصدرين أساسيين هما:

١ ـ العناصر الموجودة أصلاً Native sources فى التربة: ومنها المعادن الأرضية ونواتج تحلل المخلفات النباتية والمادة العضوية بالتربة.

ويعتبر النبات كائناً حياً مثل الكائنات الحية الأخرى، ويتأثر بالظروف المحيطة به ويؤثر أيضاً على الكائنات الأخرى التى تعيش معه ويتأثر بها. وتؤثر المواد الأساسية اللازمة لبناء غذائه (كالماء ، الطاقة الشمسية ، ثانى أكسيد الكربون ، والعناصر الغذائية) من الوسط البيئى تأثيراً مباشراً أو غير مباشر على نمو وتطور النبات.

وخصوبة الأرض ترجع أصلاً للمادة الصخرية والعضوية التى تكونت منها الأرض- وهناك عديد من العوامل التى تؤثر عليها وهى ما تعرف بعوامل تكون الأراضى ومنها:

١- المناخ . ٢- الزمن . ٣- الغطاء النباتى . ٤- النشاط الحيوى .

وجميع هذه العوامل تعمل على صياغة مادة الأصل لكى تنتج القشرة الأرضية والتى يطلق عليها التربة أو الأرض الزراعية.

٢ ـ العناصر المضافة للتربة Added sources: والتى تتمثل فى إضافة الأسمدة الكيميائية والأسمدة العضوية للتربة.

ويجب معرفة أن كل العناصر الغذائية الموجودة فى التربة تخضع للعديد من العمليات التى قد تحد أو تزيد من ذوبانها وبالتالى تؤثر على الصورة والكمية الصالحة منها للنبات. وهذه العمليات تختلف من عنصر إلى آخر ، وقد تكون هذه العمليات إما حيوية أو كيميائية تتم فى الطبيعة.

أولاً: العمليات الحيوية التى تحد من ذوبان العناصر المغذية:

يحدث امتصاص تلك العناصر بواسطة الكائنات الأرضية الدقيقة Microflora وتمثيلها داخل أجسامها، وهذه العملية تعرف باسم **عملية التمثيل Immobilization**: والتى يقصد بها تحول العنصر من الصورة المعدنية إلى الصورة العضوية. ولكن بعد موت هذه الكائنات يحدث لها تحلل بحيث تنطلق هذه العناصر مرة أخرى وتصبح فى صورة صالحة وهذه العملية تعرف باسم **عملية المعدنة Mineralization** : وهى عكس العملية السابقة أى يحدث فيها تحول العنصر من الصورة العضوية وغير الصالحة للنبات إلى الصورة المعدنية الميسرة للامتصاص. وهذه العملية الحيوية تعتبر ذات أهمية كبيرة بالنسبة للنتروجين، ومتوسطة بالنسبة للكبريت والفوسفور.

ثانيا: العمليات الكيميائية التى تحد من ذوبان العناصر المغذية:

ينتج عن هذه العمليات الكيميائية عملية الترسيب للعناصر وجعلها فى صورة غير صالحة للنبات، ويعتبر عنصر الفوسفور أكثر العناصر تأثراً بهذه العملية، وأيضاً حدوث تقييد لبعض العناصر وخاصة الكاتيونات الموجبة الشحنة منها وذلك نتيجة لإدمصاصها على أسطح غرويات الطين أو بين الوحدات البلورية لمعقدات التبادل، ويعتبر كل من أيونى البوتاسيوم والأمونيوم أكثر الكاتيونات تثبيتاً بهذه الطريقة.

ومن المهم ملاحظة أنه بالنسبة لكل العناصر الغذائية تقريباً أو الغالبية العظمى منها تكون الكمية الميسرة للنبات قليلة جداً - وفى أى وقت - بالنسبة للكمية الكلية من ذات العنصر.

العناصر الكبرى:

تعتبر العناصر الكبرى هى العناصر التى يحتاجها الكائن الحى فى نموه وتكشفه بكميات كبيرة نسبياً وتقدر فى النبات بحوالى ١٠٠٠ ميكروجرام أو أكثر لكل جرام من المادة الجافة وهى: الكربون والأكسجين ويستفيد النبات من هذه العناصر من الهواء الجوى ، والأيدروجين والأكسجين يستفيد النبات منهما من الماء ، النتروجين — الفوسفور — البوتاسيوم — الكالسيوم — الماغنسيوم — الكبريت — الصوديوم يمتصها النبات من التربة.

النتروجين فى الأرض Nitrogen in soil

يختلف النتروجين عن معظم العناصر الغذائية الموجودة بالتربة الزراعية فى أن مصدره الأصلى هو الهواء الجوى (إذ يشكل النتروجين حوالى ٧٩٪ من حجم الهواء الجوى) فى حين لا تحتوى الصخور الأصلية ومعادن التربة على عنصر النتروجين. ولا تستطيع النباتات النامية الاستفادة من النتروجين الغازى N_2 مباشرة إلا بعد أن يدخل فى سلسلة من التفاعلات والتى تقوم بها كثير من الأحياء الدقيقة الموجودة بالتربة والتى تعيش إما حرة فى التربة أو تعيش معيشة تكافلية فى داخل جذر النبات ، حيث تثبت النتروجين الغازى وتحوله إلى نتروجين عضوى (عملية التمثيل) داخل أجسامها فى صورة أحماض أمينية وبروتينات ، وعند موت هذه الكائنات فإن النتروجين العضوى الموجود بها تحت ظروف معينة يتحلل وينتج نتروجين معدنى (عملية المعدنة) فى صورة أمونيوم (NH_4^+)ثم نترات(NO_3^-).

وتختلف الأراضى الزراعية فى محتواها من النتروجين وذلك لوجود ارتباط بين هذه الكمية وعدة عوامل أخرى بعضها يتعلق بالظروف البيئية والأخرى تتعلق بطبيعية النبات المنزرع وصفات الأرض الطبيعية والكيميائية.

ويعتبر النتروجين فى صوره المختلفة من أكثر العناصر الغذائية استخداماً فى زيادة إنتاجية محاصيل الحبوب وغالباً ما يضاف إلى التربة فى صورة أسمدة معدنية وجزء قليل يضاف كسماد عضوى ولكن وجد أن نسبة كبيرة من هذه الأسمدة النتروجينية المعدنية يتم فقدها إما خلال عملية عكس التأزت للنترات (NO_3^-) أوفقد النتروجين فى صورة غازية وكذلك عن طريق الفقد السطحى وتطاير الأمونيا (NH_3^+) أوالغسيل فى باطن الأرض أو امتصاص النبات للعناصر.

كما وجد أن الإمداد المستمر بالسماد النتروجينى المعدنى للتربة يؤدى إلى فقد كميات كبيرة من النترات (NO_3^-) السالبة الشحنة و التى لا يتم إدمصاصها على غرويات التربة وذلك عن طريق التسرب فى باطن الأرض وبالتالى يؤدى إلى تلوث الماء الأرضى بالنترات، علاوة على أن المستوى العالى من الأمونيا والنترات يؤثران تأثيراً سيئاً على مستوى تثبيت النتروجين تكافلياً مع البكتريا العقدية مما يؤدى إلى تناقص إعداد البكتريا وقلة حجم العقد. كما وجد أن إضافة النتروجين المعدنى لمحصول مثل الذرة الشامية يعتبر مشكلة موجودة فى معظم بلدان العالم النامية حيث لا يتمكن صغار المزارعين من شراء الكميات المقررة من السماد نظراً لارتفاع أسعارها بالنسبة لأسعار الغله الناتجة من وحدة المساحة مما يؤدى إلى ارتفاع تكاليف الإنتاج.

ويعتبر عنصر النتروجين من العناصر الغذائية المهمة فى تغذية النبات، ويحتاجه النبات بكميات كبيرة، حيث يمثل القدر الأكبر للمكونات العضوية الأساسية فى النبات والتى تشمل البروتينات والإنزيمات والأحماض النووية والكلوروفيل. ويجب ألا يزيد تركيز النتروجين عن ١,٥-٢٪ من الوزن الجاف للنبات – وأن زيادة النترات يؤدى إلى تراكم فى الأجزاء المأكولة من النبات كالأوراق والثمار مما يسبب مشاكل خطيرة للإنسان عندما يتغذى عليها مثل ارتفاع البولينا فى الدم والفشل الكلوى وسرطان المعدة والمرىء – علاوة على التلوث النتراتى فى التربة وذلك نتيجة لتسربه للماء الأرضى.

أوضح الرضيمان (٢٠٠٤) عند دراسته عن النترات وتأثيرها على البيئة أن أيون النترات

يتراكم فى أنسجة الخضراوات والمياه والأغذية الأخرى بمستويات تتعدى الحد المسموح به محلياً وعالمياً مما يؤدى إلى الآثار السيئة على صحة الإنسان والحيوان ، حيث إن النترات من أكثر الأنيونات ذوباناً فى الماء وتحتل النترات المرتبة الثانية بعد المبيدات الحشرية فى قائمة المواد الكيميائية التى تهدد بالتلوث الكيميائى للمياه الجوفية، ويعتقد حالياً أن الاستخدام الزائد وغير المدروس للأسمدة النتروجينية والعضوية بهدف رفع القيمة الغذائية قد يؤدى إلى تراكم تركيزات عالية من النترات على أثر أكسدة هذه الأسمدة ميكروبياً فى التربة. وإذا لم يتم امتصاصها وتمثيلها إلى أحماض أمينية وبروتينات أو زاد تركيزها عن الحد المسموح فإنها تعتبر من أهم المواد الملوثة للبيئة، حيث إن وكالة حماية البيئة الأمريكية ذكرت أنها تعتبر إحدى المادتين (النترات والبكتريا) اللتان تشكلان خطراً على الصحة إذا تعديتا حدودهما المسموح بها.

الفوسفور فى الأراضى Phosphorus in soil

يعتبر عنصر الفوسفور أحد العناصر الكبرى المهمة للنبات ويتشابه مع النتروجين فى مدى أهميته بالنسبة للنبات على الرغم من وجوده فى أنسجة النبات بكميات أقل من عنصرى النتروجين والبوتاسيوم، حيث يمتص النبات هذا العنصر لسد احتياجاته لمختلف العمليات الحيوية مثل: عمليات التمثيل الضوئى وتكوين النوايا وانقسام الخلايا وتكوين البذور وتنظيم العمليات الخلوية ونقل الصفات الوراثية، كما أن للفسفور دوراً أساسياً فى تكوين مركبات الطاقة. وتختلف الأراضى فى محتواها من الفوسفور الكلى متأثرة بالعديد من العوامل ومن أهمها: مادة الأصل- الاستغلال الزراعى – المناخ..إلخ. وبصفة عامة يكون محتوى الأراضى من الفوسفور الكلى Total Phosphorus (P) فى مدى يتراوح مابين ٠,٢-٠,١٥٪، وهذه الكمية تكون مرتبطة بوجود المادة العضوية حيث يمثل الفوسفور العضوى من ٢٠-٨٠٪ من الفوسفور الكلى.

صور الفوسفور فى الأراضى Forms of soil phosphorus

كما هو معروف أن الفوسفور المعدنى هو المصدر الرئيسى والأساسى للفوسفور فى

الأراضى الزراعية. حيث إنه مع بداية تكوين الأراضى لا يكون بها إلا الفوسفور المعدنى والناتج من تجوية مادة الأصل التى يكون الفوسفور أحد مكوناتها، ثم بعد ذلك ومع استغلال هذه الأراضى زراعياً يُمتص هذا الفوسفور بواسطة النباتات والكائنات الحية الدقيقة الموجودة بالتربة الزراعية، ويصل أيضاً إلى الحيوانات التى تتغذى على هذه النباتات، وبالتالى يتحول جزء من هذا الفوسفور المعدنى إلى فوسفور عضوى داخل أنسجة هذه الكائنات ضمن المركبات العضوية التى يدخل الفوسفور فى تركيبها. وبعد موت هذه الكائنات الحية وتحلل بقاياها يعود الفوسفور مرة أُخرى إلى الأرض فى صورة عضوية وأخرى غير عضوية. وقد أكدت المراجع العلمية أن نسبة الفوسفور الكافية لاحتياج النبات لا تتعدى ٢٪ من الوزن الجاف – ويجب عدم زيادة الفوسفات الذائبة فى التربة حيث إنها تقلل من امتصاص عنصرى الحديد والزنك من محلول التربة رغم وجودها بكميات كبيرة فى التربة وكافية لنمو النبات وبالتالى يحدث خلل فى اتزان العناصر داخل أنسجة النبات.

البوتاسيوم: Potassium

يعتبر البوتاسيوم عنصراً من الثلاثة عناصر المغذية الكبرى المهمة للنبات وذلك مع النتروجين والفوسفور (NPK) حيث يمتص بواسطة النباتات بكمية تفوق باقى العناصر فيما عدا النتروجين وفى بعض الأحيان الكالسيوم.وعلى عكس العناصر الكبرى الأخرى، فإنه لم يثبت حتى الآن دخول عنصر البوتاسيوم فى بناء المركبات العضوية الضرورية واللازمة لاستمرار وجود النبات. وبالرغم من هذه الحقائق فإن البوتاسيوم عنصر لا غنى عنه ، ولا يمكن لعنصر آخر مشابه له كالصوديوم أو الليثوم أن يحل محله تماماً، إذ يوجد البوتاسيوم دائماً على هيئة مركبات غير عضوية ذائبة، ولو أنه يتحد أيضاً بالأحماض العضوية، ويدخل هذا العنصر فى تكوين الكربوهيدرات والبروتين وما ينشأ عنها من مركبات أخرى، ويعمل على تنظيم محتويات الخلية من الماء، ويساعد فى عملية تكثيف المركبات البسيطة إلى مركبات معقدة كما أنه ينشط الإنزيمات ويقلل من التأثير الضار وذلك عند إضافة كميات كبيرة من النتروجين

كما أنه يعطى صلابة للنبات، وكذلك فهو مهم أيضاً فى عملية التمثيل الضوئى. ويوجد هذا العنصر بكميات كبيرة فى الأعضاء الحديثة السن النشيطة النمو وخاصة البراعم والأوراق الصغيرة وقمم الجذور وخصوصاً فى سائل الخلية Cell sap والسيتوبلازم، فى حين أنه قليل التركيز فى البذور والأنسجة الناضجة. وينتقل البوتاسيوم وبحرية تامة خلال الأنسجة ، ولذلك يستطيع النبات أن يعيد استخدامه مرة أخرى بانتقاله من الأنسجة القديمة إلى الأنسجة النامية.

ويعتبر البوتاسيوم من أكثر العناصر شيوعاً فى القشرة الأرضية ، حيث يمثل ٠,٣ –٢,٥٪ من المكونات المعدنية للقشرة الأرضية. ويدخل البوتاسيوم فى تركيب بعض المعادن التى تصبح غنية فى محتواها من هذا العنصر ، وعندما تتركز هذه المعادن فى بعض الأماكن تعتبر هذه المناطق مناجم تمد العالم بكميات كبيرة من أملاحه. ويوجد البوتاسيوم فى المعادن الأولية Primary minerals والتى تعتبر المصدر الأساسى للبوتاسيوم مثل : الفلسبارات البوتاسية Potash feldspars. كذلك يوجد البوتاسيوم فى كثير من المعادن الثانوية (الطين) وعلى هذا تكون الأراضى الغنية بالطين ذات محتوى أكبر من البوتاسيوم مقارنة بالأراضى الرملية أو العضوية.وبالرغم من وجوده فى الأراضى الطينية بكمية أكبر إلا أن محلولها الأرضى لا يحتوى على كميات كبيرة منه بسبب ادمصاص هذا الكاتيون على أسطح حبيبات الطين، ولكن هناك توزاناً دائماً بين هذه الكمية المدمصة والذائبة فى المحلول الأرضى. وقد تم تحديد تركيز البوتاسيوم الكافى فى أنسجة النبات بحوالى ١٪ من الوزن الجاف. وأن زيادة تركيز العنصر فى محلول التربة يؤدى إلى قلة امتصاص عنصرى الكالسيوم والماغنسيوم بواسطة جذور النبات وبالتالى ظهور أعراض نقصهما على النبات مما يؤثر على المحصول كماً ونوعاً.

وقد ذكر Karama and Darmuat (١٩٩٦) أن الأفرع يحدث لها قصر فى السلاميات وذلك نتيجة لنقص البوتاسيوم ويتغير لون الأوراق نتيجة لنقص بعض العناصر المغذية ويزيد سمك الجذور كاستجابة للتركيزات العالية للألومنيوم فى التربة .

العناصر المغذية الصغرى Micronutrient Elements

العناصر الضرورية للنبات عددها ستة عشر عنصراً، وتم تقسيمها على أساس كميتها ومدى احتياج النبات لها إلى قسمين هما : العناصر الكبرى وهى NPK ، والعناصر الصغرى هى التى يحتاجها النبات بكميات قليلة نسبياً وتقدر فى النبات بأقل من ١٠٠ ميكروجرام/ جرام مادة جافة وتشمل الزنك - الحديد - المنجنيز - البورون - النحاس - المولوبيدنيوم والكلوريد. بالإضافة إلى الكوبلت والذى تحتاجه بعض النباتات وبالتالى لايعتبر من العناصر الضرورية لكل النباتات. أيضاً وجد أن هناك بعض العناصر الأخرى تستجيب بعض النباتات لها عند وجودها فى التربة مثل الصوديوم والسليكون والفانديم. ويجب ألا تزيد أو لا تقل عن ٥٠-١٠٠ جزء فى المليون لعناصر الحديد والمنجنيز والكلورين، ٢٠-٢٥ جزءًا فى المليون لعناصر الزنك والبورون، ٥-١٠ أجزاء فى المليون للنحاس ، ٠,١ من الجزء فى المليون لعنصر المولوبيدنيوم والكوبلت، أما عنصرى الصوديوم والسليكون فإن النباتات تحتاجها بكميات قليلة جداً وهى متوفرة فى جميع الأراضى إلا فى الأراضى الملحية أو المتأثرة بالملوحة، لذلك فإنه يجب عدم إضافة هذه العناصر الصغرى بكميات زائدة مما يسبب خللاً فى التوازن العنصرى داخل النبات وبالتالى ينخفض المحصول.

والعناصر الصغرى توجد فى النبات بكمية قليلة بالمقارنة بالعناصر الكبرى. وللعناصر الصغرى دور مهم فى عملية تثبيت النتروجين.

فعلى سبيل المثال نجد أن عنصر المولوبيدنيوم يدخل فى تركيب إنزيم النتروجيناز وأيضاً فى إنزيم نترات الريديوكتاز (Nitrate reductase) الموجود فى بكتيرويد العقد الجذرية مما يؤدى إلى زيادة كفاءة العقد ، وعند نقصه أو غيابه تفقد العقد القدرة على التثبيت. إن إضافة المولوبيدنيم إلى بذور فول الصويا عن طريق النقع أدى إلى زيادة عدد ووزن العقد الجذرية لكل نبات وقد أدى ذلك أيضاً إلى زيادة محصول البذور والمحصول البيولوجى.

وكذلك عنصر البورون فإنه ضرورى لتكوين العقد.وكذلك عنصر الكوبالت والنحاس

ذو أهمية لعملية التثبيت.

إن عنصر الحديد مهم لحياة النبات لأنه يعمل كمساعد فى تكوين الكلورفيل ، كما يتمتع بخاصية الأكسدة والاختزال والتى تعتبر من أهم العمليات فى نقل الإلكترون فى كثير من العمليات الحيوية داخل النبات.

المنجنيز : من أهم العناصر اللازمة لعملية التمثيل الضوئى فى النبات.

النحاس: مسئول عن حيوية حبوب اللقاح وتكوين مادة اللجنين التى تدعم النبات ضد الرياح.

وتوجد العناصر الصغرى فى تركيب المعادن الأولية كالزنك والبورون أو فى التركيب الكيميائى للمعادن المكونة للأرض مثل الحديد والمنجنيز والنحاس.

ونجد أن العناصر الصغرى فى التربة فى تناقص مستمر وذلك نتيجة للأسباب التالية:

١ - التكثيف الزراعى: زراعة أكثر من محصول على نفس المساحة من الأرض أو زراعة محاصيل عالية الإنتاج قصيرة العمر مما يؤدى لاستنزاف كميات كبيرة منها.

٢- عدم إضافة مادة عضوية وأسمدة بلدية.

٣- عدم تعويض التربة عن الفقد المستمر لهذه العناصر خاصة بعد حجز طمى النيل أمام السد العالى.

تقسيم العناصر على أساس وظائفها الفسيولوجية كما يلى:

المجموعة الأولى:

تضم الكربون، الهيدروجين ، الأكسجين، النتروجين، الكبريت، السليكون، وهى تمثل المكونات الرئيسية للمادة العضوية، كما تشترك فى التفاعلات الإنزيمية وتفاعلات الأكسدة والاختزال.

المجموعة الثانية:

تضم الفوسفور والبورون، وتشترك فى تفاعلات انتقالات الطاقة والأسترة بواسطة المجموعات الكحولية المتكونة بالنبات .

المجموعة الثالثة:

تضم البوتاسيوم ، الكالسيوم، الماغنسيوم، المنجنيز، الكلور، الصوديوم والكوبلت، وهذه المجموعة تختص بالأسموزية والتوازن العنصرى ، إضافة إلى بعض الوظائف الخاصة فى التفاعلات الإنزيمية.

المجموعة الرابعة:

تضم الحديد، الزنك، النحاس ، المولوبيدنيوم، وتعمل هذه العناصر كمواد مخلبية أو تكون الجزء المعدنى من البروتينات وتعمل على نقل الإلكترون عن طريق قدرتها على تغيير شحنتها الإستاتيكية.

ويجب التنويه إلى أن هناك بعض العناصر مثل السيلينيوم واليود وهما غير ضروريان للنبات ولكن يمتصهما النبات من التربة وليس لهما تأثير نافع للنبات وليس لهما دور فى الأيض الحيوى بل يعتبران ضروريان للإنسان الذى يتغذى على النبات الذى يحتوى على هذين العنصرين.

تأثير زيادة العناصر على النبات وكذلك على المحصول.

تؤدى زيادة التسميد بعنصر ما أو أكثر من عنصر إلى امتصاص النبات بكميات تزيد عن حاجته مما يؤدى إلى حدوث تأثيرات ضارة ومنها:

١- حدوث خلل فى امتصاص العناصر الغذائية بواسطة الجذور وذلك نتيجة لعمليات التضاد بين العناصر وبعضها.

٢- حدوث خلل فى العمليات الفسيولوجية داخل أنسجة النبات وذلك نتيجة لعدم توازن

نسب العناصر لبعضها البعض.

٣- تراكم بعض العناصر فى الأوراق أو الجذور أو الثمار مما يؤدى إلى ارتفاع تركيزات العناصر المتراكمة داخل النبات إلى درجة السمية أو الحيوانات أو الإنسان الذى يتغذى على هذه النباتات.

فقد النتروجين من الأرض

إن عنصر النتروجين يتعرض للفقد بعدة طرق مختلفة وهو فى ذلك يعتبر أكثر العناصر المغذية تعرضاً للفقد من التربة، وتلعب الصورة الموجودة بها فى الأرض دوراً كبيراً فى هذا الفقد.

ومن أهم طرق فقد النتروجين مايلى:

١ ـ إزالة النتروجين بواسطة المحاصيل Crop Removal

إن معظم النتروجين الممتص يتم فقده بواسطة المحاصيل المختلفة من التربة الزراعية عند حصاد تلك المحاصيل فيما عدا المحاصيل التى تزرع كمحاصيل مراعى. حيث وجد أن حوالى ٨٥ ٪ من النتروجين الممتص من خلال هذه المحاصيل يتم إعادته مرة أخرى للتربة عن طريق الحيوانات التى تقوم بعملية الرعى وذلك كمخلفات حيوانية، كذلك تعتبر محاصيل الحبوب ذات أهمية فى هذا المجال ، فمثلاً وجد أن محتوى ٤ طن من قش القمح Straw لمساحة هكتار (٢,٤ فدان) هو من ٢٠-٢٥ كجم نتروجين. وكما هو معروف يستخدم هذا القش كتبن فى تغذية حيوانات المزرعة والتى تستخدم مخلفاتها فى التسميد كأسمدة عضوية وبالتالى تعود هذه الكمية مرة أخرى إلى التربة الزراعية.

٢ ـ فقد النتروجين فى صورة غازية Gaseous losses

أشارت الأبحاث العديدة فى السنوات الماضية بأن جزءاً كبيراً من النتروجين يتم فقده من الأرض الزراعية فى صورة غازية على هيئة أكاسيد نتروجينية NO, N_2O أو الأمونيا NH_3 وذلك كناتج لتفاعلات بيولوجية أو كيميائية .

وهناك ثلاث طرق مقترحة تسبب هذه العملية:

أ - عملية عكس التازت Denitrification: وأساس هذه العملية بأنه تحت الظروف اللاهوائية للأراضى الزراعية و ذلك فى المناطق الغدقة سيئة الصرف تقوم بعض أنواع الكائنات الدقيقة باختزال النترات والنتريت إلى صورة غازية وهى NO, N_2O, N_2، ثم تنطلق إلى الهواء الجوى. ويمكن توضيح عملية عكس التأزت بالمعادلة:

$$NO_3^- \longrightarrow NO_2^- \longrightarrow NO \longrightarrow N_2O \longrightarrow N_2$$

ويمكن تفسير ذلك بأنه فى حالة توافر ظروف تهوية جيدة تقوم البكتريا بأكسدة المادة العضوية بواسطة الأكسجين الجوى. أما فى حالة غياب الأكسجين يتم الأكسدة باستخدام أكسجين النترات كما توضحه المعادلات التالية:

فى وجود الأكسجين الجوى:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + e$$

فى غياب الأكسجين الجوى:

$$C_6H_{12}O_6 + 4NO_3 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 2N_2 + e$$

كذلك يحدث أكسدة للأحماض العضوية باستخدام أكسجين النترات كمايلى:

$$CH_3COOH + 8KNO_3 \longrightarrow 8KOH + 6H_2O + 10CO_2 + 4N_2 + e$$

ب- تطاير الأمونيا Ammonia volatilization.

يحدث تطاير للأمونيا الناتجة من تحلل الأسمدة النشادرية أو اليوريا عند إضافتها للتربة، وكذلك التى تنتج من معدنة النتروجين العضوى بالأرض، وعادة ما يكون الفقد بكمية كبيرة فى الأراضى القلوية والأراضى الغنية بكربونات الكالسيوم ذات الرطوبة المتوسطة ، حيث إنه فى حالة جفاف التربة يقل الفقد لعدم حدوث التفاعل ، فى حين أنه عند ارتفاع الرطوبة فى الأرض تتوفر كميات كبيرة من الماء تسمح بذوبان الأمونيا وادمصاصها. ويمكن إيضاح كيفية حدوث

الفقد عند إضافة أسمدة نتروجينية مثل سلفات الأمونيوم أو اليوريا بالمعادلات التالية:

يحدث فى البداية تحلل مائى لكربونات الكالسيوم

$$CaCO_3 + H_2O \longrightarrow Ca^{++} + HCO_3^{-} + OH^{-} + e$$

ثم يتحد أيون الكالسيوم وأيون الأيدروكسيل الناتج من الخطوة السابقة مع السماد (سلفات الأمونيوم مثلاً).

$$Ca^{++} + 2OH^{-} + (NH_4)_2SO_4 \longrightarrow CaSO_4 + 2NH_3\uparrow + 2H_2O$$

أو يحدث تفاعل بين كربونات الكالسيوم مع كبريتات الأمونيوم ويتكون كربونات الأمونيوم.

$$(NH_4)_2SO_4 + CaCO_3 \longrightarrow (NH_4)_2CO_3 + CaSO_4$$

ثم يحدث تحلل لكربونات الأمونيوم.

$$(NH_4)_2CO_4 + H_2O \longrightarrow 2NH_3\uparrow + 2H2O + CO_2$$

ولخفض الكمية المتطايرة للأمونيوم يخلط السماد النشادرى (الأمونيومى) مع الطبقة السطحية من التربة أو وضعه تحت سطح التربة ، والأفضل إضافة أسمدة نتراتية لمثل هذه الأراضى.

جـ - رقم الـ pH : ثبت أنه بزيادة قاعدية الأرض يزداد فقد الأمونيا من أسمدة الأمونيوم واليوريا. ويمكن إيضاح طبيعة تأثير الـ pH على سلوك الأمونيوم المتكون أو المضاف بواسطة المعادلة الآتية:

$$NH_4^{+} + OH^{-} \longrightarrow NH_4OH \longrightarrow NH_3\uparrow + H_2O$$

أى أنه بزيادة تركيز أيون الأيدروكسيل فى الوسط فإنه يتجه التفاعل السابق نحو اليمين. وعلى ذلك يمكن أن نتوقع أن فقد الأمونيا بالتطاير قد ينخفض كثيراً فى الأراضى الحامضية.

٣ - تثبيت الأمونيوم Ammonium Fixation

الأمونيوم المثبت هو الأمونيوم الذى لا يمكن استخلاصه من الأرض باستعمال محلول أساسى من كلوريد البوتاسيوم وذلك كما عرفها Allison (1963). ويتعرض أيون الأمونيوم (HN_4^+) المضاف إلى التربة أو الناتج من عملية المعدنة لعملية التثبيت بواسطة معادن الطين القابلة للتمدد Expanded، وبالتالى تقل حركته ودرجة صلاحيته للنبات ويتم تثبيته بين الوحدات البلورية لمعادن الطين مثل المونتموريولنيت والإليت وغيرها.

وتفيد عملية التثبيت فى حفظ الأمونيوم من الفقد مع مياه الصرف، ويمكن أن تستفيد منه النباتات النامية بشرط أن يكون لها مجموع جذرى قوى ونشط له القدرة على جذب وامتصاص الأمونيوم المدمص على أسطح الغرويات الأرضية. وتثبيت الأمونيوم يشبه تثبيت البوتاسيوم فى الأراضى.

كذلك وجد أن الأمونيوم المثبت يمكن أن يتحول إلى نترات (NO_3^-) وذلك من خلال عملية التأزت.

حيث تحدث عملية التأزت كمايلى:

$$2NH_4 + 3O_2 \xrightarrow{\text{بكتريا النتروزوموناس}} 2NO_2 + 2H_2O + 4H$$

$$2NO_2 + O_2 \xrightarrow{\text{بكتريا النيتروباكتر}} 2NO_3$$

$$2NH_4 + 4O_2 \longrightarrow 2NO_3 + 2H_2O + 4H$$

٤ - الفقد بالغسيل Leaching losses

كما هو معروف فإن أيون النترات (NO_3^-) أيون سالب الشحنة، وعلى ذلك تكون فرصة ادمصاصه على أسطح الغرويات الأرضية قليلة، وذلك للتنافر نتيجة تشابه الشحنة للنترات ولأسطح الغرويات مما يسهل من غسيله وفقده مع مياه الصرف وأن زيادة إضافته تؤدى إلى التلوث النتراتى فى المياه الجوفية.

٥ ـ فقد النتروجين العضوى Organic Nitrogen losses

ويحدث ذلك نتيجة لفقد المادة العضوية من الطبقة السطحية بالأرض بواسطة عمليات الانجراف بالرياح أو المياه، وخاصة فى المناطق الموجودة على المنحدرات وهى طبقات غنية بالمادة العضوية ، ويحدث ترسيب لهذه الطبقة فى منطقة أخرى (انتقال من منطقة إلى منطقة أخرى).

ما هو المقصود بالـ Low input ؟

تمثل الزراعة المستدامة أحد المفاتيح التى تقود البحث الزراعى فى السنوات الأخيرة. وهناك ضرورة لفهم هذا النظام وذلك لكى نتعرف على الزراعة المستدامة فى إطار المعايير التى تخص التوازن الزراعى فى الحقل وذلك على المستوى القومى.

وباستعراض الزراعة اليابانية الحديثة فى الوقت الحاضر (الزراعة المعروفة بصديقة البيئة) والتى تم البدأ فى تنفيذها منذ عام ١٩٩٢ حيث يتم محاولة التوازن بين الإنتاجية التى قد تنخفض تحت ظروف الزراعة المستدامة ومحاولة المحافظة على الإنتاجية العالية فى تلك الزراعة حيث إنه يتم حل هذه المشكلة بمقارنة ساعات التشغيل للعمالة وتكلفتها فى عدة نظم تجريبية لإنتاج الأرز ،ووجد أنه بالرغم من أن الحسابات تعتمد على بعض البيانات الفرضية فإن النتائج تشير إلى إمكانية توازن الزراعة صديقة البيئة مع الإنتاجية العالية.

إن سكان العالم عام ٢٠٢٥ ينتظر أن يصل إلى حوالى ٨,٥ بليون نسمة وينتظر أن يعيش ثلثهم على الأرز كغذاء ، ولمقابلة هذا الطلب يجب زيادة إنتاج الأرز بمقدار ٧٠٪ أى حوالى ٣٧٠ مليون طن (هورى ١٩٩٣). وعلى الجانب الآخر فإن بيانات FAO وUNEP تفيد أن ٢٠-٣٠٪ من الأراضى المنتجة سوف تتلاشى وذلك من خلال الرعى الجائر و/ أو أساليب الزراعة غير المناسبة وهذه المساحات المتدهورة مازالت فى ازدياد. وبمراعاة محدوية الأراضى المنتجة فإن إنتاج المحاصيل خاصة محصول الأرز يجب زيادته مع المحافظة الجيدة على الموارد الأرضية.

خصائص تدفق المغذيات والزراعة المستدامة:

(Characteristics of nutrient flow and sustainability of agriculture)

إنه فى النظم الزراعية المستدامة نجد أن التوازن بين المدخلات المغذية (Input) والمخرجات (output) أو الناتج يكون مهماً جداً وذلك لأن حصاد المحصول يستهلك كمية كبيرة من المغذيات فى ذلك النظام، فعندما يكون الفرق (الميزان) Balance بين المدخلات والمخرجات سالبًا والذى قد نراه فى الدول النامية فإن مخزون العناصر الغذائية فى التربة قد ينخفض، إلا إذا وجد مدخل طبيعى مثل تثبيت الأزوت الجوى، وفى هذه الحالة فإن نظام الإنتاج الزراعى قد يصبح غير مستدام – على الجانب الآخر فإن بعض الدول المتقدمة نجد أن بها المدخلات الغذائية تفوق المخرجات والذى قد ينجم عن ذلك ليس تدهوراً فى التربة فقط مثل تراكم الأملاح بل قد يحدث أيضاً مشاكل بيئية مثل تلوث نتراتى فى الماء الأرضى، حيث توجد فروق معنوية بين معدل امتصاص النتروجين ومعدل إضافته للمحاصيل المختلفة، وفى تلك المحاصيل المنزرعة فى الدول المتقدمة قد يحدث تلوث نتراتى (NO_3^-) وذلك لقلة ما يستنفده المحصول من نتروجين من التربة.

فعند استخدام δ كعامل للتوازن بين امتصاص العنصر الغذائى ومعدل الإضافة ، K (قيمة الضرر) فإنه يمكن حساب القيمة المناسبة لمستوى الإضافة وذلك لكل من الدول النامية والدول المتقدمة.

وعند استخدام الموارد الأرضية فى المنظومة المستدامة فإن δ يجب أن تقع بين 0, K (شكل ٢)، فإذا كانت قيمة δ منخفضة بالرغم من إضافة كميات كبيرة من العنصر الغذائى فإن هذه الزراعة قد تكون غير مستدامة. وبجانب قيم δ يجب معرفة منحنى الاستجابة للنتروجين لمحصول معين فى ضوء الإنتاجية والجودة والتأثيرات الضارة بالبيئية (شكل ٣).

δ = (Application Rate) − (Removal by Harvest)

δ should be $0<\delta<K$ (K: threshold value)

Developing countries → $\delta<0$ → unsustainable
should increase input

Developed coutries → $K<<\delta$ → unsustainable
should decrease input

Fig.2. Sustainability of agriculture in developing and developed countires in terms of nutrient balance(δ). (Nishio,1990)

شكل (٢): الزراعة المستدامة فى الدول النامية والمتقدمة بما يخص الميزان الغذائى (δ) (**Nishio** ،١٩٩٠)

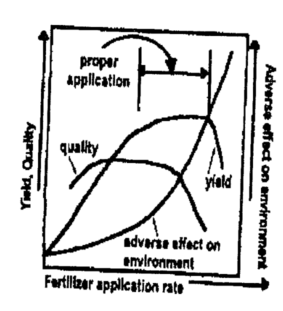


Fig.3. Nitrogen responce curves for yield,quality and adverse effects on the environment are indispensable for the determination of proper nitrogen fertilizer application. (Yoshioka 1991)

شكل (٣): منحنى الاستجابة للنتروجين فى ضوء الإنتاجية والجودة والتأثيرات الضارة بالبيئة (Yoshioka ١٩٩١)

إستراتيجيات التربية للموارد الشحيحة

إذا كان الهدف الأساسى من إجراء عمليات التربية هو زيادة المحصول ، وتحقيق ثباته، فإن الظروف البيئية غير المناسبة تؤدي حتماً إلى نقص المحصول. مما يدفعنا إلى التساؤل هل من الضروري أن ننتخب السلالة المقاومة أو المتحملة للموارد الشحيحة، تحت الظروف البيئية نفسها ؟ أم هل من الممكن أن يتم الانتخاب تحت الظروف البيئية الجيدة ثم يجري اختبار السلالات المنتخبة تحت الظروف البيئية السيئة؟

لقد افترضت ثلاث إستراتيجيات لتحقيق هذا الهدف، وهذه الإستراتيجيات هى:

الإستراتيجية الأولى:

تفترض أن الصنف الذي يعطى محصولاً جيداً تحت الظروف البيئية الجيدة المناسبة، سوف يعطي إنتاجاً جيداً إلى حد ما، تحت ظروف الإجهادات البيئية ومن هؤلاء المؤيدين Kamoshita وآخرين (١٩٩٦)، Mc Cullough *et al.* (1994 a)، Tollenaar وآخرين (١٩٩٧) تحت ظروف التسميد المنخفض والجفاف، وقد ذكر Kamoshita وآخرون (١٩٩٦) أن الهجن عالية الإنتاج لمحصول السورجم نتيجة لإضافة معدلات سمادية عالية اتجهت أيضاً إلى أن تعطى محصولاً عالياً تحت معدلات التسميد المنخفض. ومما لا شك فيه أن الانتخاب تحت الظروف الجيدة يسمح بممارسة الانتخاب بسهولة، وذلك لأن الصفات الوراثية تعبر عن نفسها بشكل جيد ضمن أفضل الشروط الملائمة للنمو، ويكون بالتالي معامل التوريث أكبر.

الإستراتيجية الثانية:

تفترض ضرورة الانتخاب من أجل المقاومة للإجهادات تحت الظروف البيئية نفسها مثل (نقص العناصر – الجفاف) لأن التحسين يكون أسرع. ويرى مؤيدو هذه الإستراتيجية، أنه ليس من المرغوب فيه، التربية من أجل المقاومة للإجهادات تحت الظروف البيئية المواتية والجيدة. ومن هؤلاء المؤيدين لهذه الإستراتيجية (Byrne *et al.*, 1995; Edmeades *et al.*, 1997;

(Lafitte and Edmeades, 1994 عند دراستهم لتحمل محصول الذرة لنقص النتروجين والجفاف.

ولكن المشكلة الأساسية للتربية تحت الظروف غير المناسبة هو تحديد شدة الإجهادات عند الزراعة في حقول التجارب، حيث إن ذلك يؤدى إلى الحصول على نتائج متعاكسة ومتناقضة من سنة إلى أخرى ومن منطقة إلى أخرى وفقاً لتباين شدة ودرجة ونوع الإجهادات. ويفرض ذلك على المربى اختيار حقول التجارب في مناطق متعددة ذات تنوع بيئي واسع للجفاف ونقص العناصر، كما يجب اتباع تقنيات حقلية خاصة.

الإستراتيجية الثالثة:

تفترض هذه الإستراتيجية أن الإنتاجية العالية وثباتها هما صفتان تختلفان عن بعضهما البعض. فإذا ما تم انتخاب سلالة عالية المحصول تحت الظروف المناسبة للنمو فإننا يمكن أن ندخل إليها صفة التحمل للإجهادات المختلفة فتصبح السلالة عالية المحصول ومقاومة للظروف السيئة فى آن واحد، والعكس صحيح عندما تكون سلالة مقاومة للموارد الشحيحة يمكن أن ندخل إليها صفة الإنتاجية العالية لتحقق الهدف نفسه.

إن فهم الآليات الفسيولوجية والكيميائية- الحيوية والوراثية التى تتحكم في مقاومة أو تحمل السلالة أو الصنف للإجهادات البيئية، تجعل عمليات الانتخاب أكثر فعالية وجدوى.

وتتطلب عملية تحديد الصفات الفسيولوجية المهمة التى تتحكم فى تحديد الغلة لأي صنف من الأصناف تحت الظروف البيئية غير المناسبة، اتباع الأسلوب التالى:

١- تقييم التباين الوراثي للصفة الفسيولوجية المعنية، وغربلة الأصناف التى تنطوي على مثل هذه الصفة.

٢- تحديد الارتباط بين الصفة الفسيولوجية المعنية وتحمل الإجهاد البيئي.

٣- التأكد من إمكانية ممارسة الانتخاب على الصفة الفسيولوجية المشار إليها تحت الظروف

البيئية المطلوبة.

٤- اتباع طرق التربية المناسبة، مثل الانتخاب الإجمالي، والتهجين الرجعى، والانتخاب المتكرر، واستخدام الأصول الوراثية البرية، والطفرات، وزراعة الأنسجة، إلخ.

وتحتاج التربية لمقاومة الموارد البيئية الشحيحة إلى تعاون المختصين بالتحسين الوراثى والفسيولوجيا، والتربة والأراضى، والبيئة إلخ... حيث إنها عملية يجب أن تكون متكاملة، فالمقاومة للإجهادات هى محصلة لاجتماع صفات كثيرة وعمليات معقدة.

ونظراً لعدم توافر المعلومات الكافية حول الأسس المظهرية والفسيولوجية والبيوكيميائية لتحمل الإجهادات المختلفة، يصبح من الأفضل تقويم وانتخاب الأجيال الانعزالية المبكرة تحت ظروف الموارد الشحيحة حيث يتم أخذ بيانات على الإنبات، وقوة نمو البادرات، وتعمق الجذور وانتشارها، وعدد الأوراق الخضراء/ نبات، بطء شيخوخة الأوراق ، الأصناف المسفاة، وامتلاء الحبوب، والتبكير فى النضج، ومجمل الصفات المورفولوجية التي يعزى إليها مقاومة النبات لتلك الإجهادات.

كفاءة الاستغلال والاستجابة

أصبحت زيادة إنتاجية المحصول هدفاً قومياً مهماً وذلك لمواجهة المتطلبات الغذائية للزيادات السكانية المستمرة. ولحل هذه المشكلة فإنه قد تم التخطيط لبرنامج بحثى مكثف لتحسين القدرة الإنتاجية للمحصول، وتحسين حزمة المعاملات الزراعية وذلك لإدخال زراعة المحصول فى مساحات جديدة ذات موارد محدودة. ويوجد حالياً قدرة وراثية لزيادة إنتاجية المحصول. ولكن مستقبلاً فإنه يجب توجيه الجهود نحو انتخاب مادة وراثية ذات كفاءة أفضل فى استخدام الماء والأسمدة وأيضاً ذات احتياجات أقل فى الخدمة (أقل خدمة ممكنة) وذلك لتقليل الطاقة المستخدمة فى الإنتاج.

ويعتبر السماد النتروجينى أهم عنصر لإنتاج المحاصيل مقارنةً بالعناصر الغذائية الأخرى،

ونظراً لأن كفاءة استخدام النتروجين (فى الأصناف الحالية) منخفضة حيث قد تنخفض إلى ٥٠٪ من النتروجين المضاف فى الحقل، مما يؤدى إلى زيادة فى النتروجين المضاف وبالتالى زيادة تكاليف الإنتاج. وفضلاً عن ذلك فإن الزيادة فى النتروجين غير الممتص بواسطة النباتات قد تتسرب إلى المياه الجوفية وتحدث تلوثاً بيئياً.

وتعرف الأصناف ذات الكفاءة الغذائية العالية من خلال نسبة المحصول الاقتصادى إلى كل وحدة من المدخلات . ويجب أن تتمكن طرق الانتخاب للاستجابة من التمييز بين كفاءة الاستغلال والاستجابة (Blum, 1988) .

وعموماً تعرف **كفاءة الاستغلال:** بأنها القدرة على النمو الجيد عند مستويات منخفضة من العنصر الغذائى المتاح.

بينما تعرف **الاستجابة:** بأنها القدرة على الاستجابة للتركيزات المتزايدة من العنصر الغذائى المضاف.

ولقد تم حساب معامل الاستجابة تبعاً لـ Foageria and Barbosa Filho (1981) حيث إنه بناءً على متوسط المحصول عند مستوى منخفض من النتروجين ومعامل الاستجابة للمحصول (GYRI) تم تقسيم التراكيب الوراثية إلى أربع مجموعات:

١ - ذات كفاءة استغلال واستجابة (ER).

٢ - ذات كفاءة استغلال وعدم استجابة (ENR).

٣-عديمة الكفاءة فى الاستغلال وذات استجابة (NER).

٤-عديمة الكفاءة فى الاستغلال وعديمة الاستجابة (NENR).

ويتم حساب دليل الاستجابة للمحصول من المعادلة الآتية:

$$\text{Grain yield Response index (GYRI)} = \frac{\text{Yield under high N} - \text{Yield under Low N}}{\text{High N} - \text{Low N}}$$

وقد أجرى عبد الغنى وعوض (١٩٩٩) دراسة عن أقلمة بعض التراكيب الوراثية للقمح (١٢ تركيبة وراثية) لنقص النتروجين تحت ظروف الأراضى الجديدة وقسم التراكيب الوراثية لهذه المجموعات الأربع السابقة حسب دليل الاستجابة لمحصول الحبوب. وهناك رغبة فى المجموعتين الأولى والثانية من وجهة نظر المربى حيث إنها تتضمن التراكيب الوراثية التى تستطيع إنتاج غلة عالية نسبياً عند مستوى نتروجينى منخفض.

متطلبات إحراز التقدم في تربية المحاصيل للموارد الشحيحة:

مهما كانت ظاهرة نقص العناصر معقدة فهى حقيقة، ويمكن أن تكون مرتبطة مع وجود جهاز جذري عميق ، وتبكير فى النضج وعدم الشيخوخة المبكرة للأوراق (Slow leave senescence) وكفاءة امتصاص وكفاءة استهلاك عالية وقد تكون المقاومة مرتبطة مع كل هذه العوامل بعوامل أخرى.

إننا لا نعرف بشكل كاف كل هذه المعايير المرتبطة مع الاستفادة للموارد الشحيحة وثبات المحصول، ولكن التعاون القوي بين المختصين بالتربية والوراثة والفسيولوجيا والبيئة سيؤدى حتماً إلى استنباط الأنماط الوراثية الأكثر تكيفاً مع هذه الموارد الشحيحة بالمقارنة مع الأصناف المنزرعة حالياً وسيتطلب الأمر حينئذ وضع برامج تبدأ بتحديد الآباء التى تحمل صفة أو أكثر من الصفات المرتبطة بهذا الإجهاد وثبات الغلة ثم تجري بين هذه الآباء عملية التهجين، وتبدأ عملية الانتخاب لأفضل التراكيب الوراثية من الأجيال الانعزالية، التي يجب أن تكون هذه التراكيب الوراثية مزروعة تحت ظروف تشمل هذا الإجهاد (الإستراتيجية الثانية) والتي نسعى إلى التربية من أجل تحمل هذا الإجهاد.

ويتطلب الأمر، لتحقيق ذلك، اتخاذ القرارات العلمية السليمة على كافة مستويات ومراحل التربية من أجل رفع كفاءته وإحراز التقدم في تحسين المحاصيل لتحمل هذا الإجهاد، من أهمها:

١ ـ اتخاذ القرار حول اختيار الخصائص والصفات:

عند بداية إجراء برامج التربية يجب أن يوضع فى الاعتبار اختيار الصفات التى يجب أن تكون مرتبطة ببرنامج التحسين الوراثي. ولذلك فإن حسن اتخاذ القرار باختيار الصفات المعنية يؤدي إلى رفع كفاءة إجراء عمليات التربية.

إن اختيار الصفات والخصائص أمر صعب للغاية ، وتزداد الصعوبة عند تعدد تلك الصفات التى تشكل هدفاً لإجراء التربية، ويتباطأ التطور فى تحسين الصفة بازدياد الصفات المضافة إلى قائمة أهداف المربى ، ولذلك يجب اختيار الصفات بحرص شديد.

فإذا ما أعطيت الأولوية لتحسين الإنتاجية، يمكننا تحديد الاختيار وفقاً لطريقة أو أسلوب التربية والانتخاب:

أ) فإذا كانت التربية معتمدة على انتخاب الانعزالات الوراثية المتفوقة Transgressive فإن الغاية هي الحصول على محصول عالٍ في السلالات المراد استنباطها. ويتم ذلك عن طريق تجميع المورثات الخاصة بصفة المحصول فى صنف واحد نتيجة تهجين آباء تحمل تلك المورثات .

ب) وإذا كانت التربية معتمدة على إيجاد تراكيب جديدةCombining breeding يكون الهدف هو تجميع صفتين أو أكثر من تهجين صنفين أو أكثر وذلك فى صنف واحد. ولذلك نختار الآباء التي يحمل كل منها صفة من صفات المحصول ويتم التهجين بينها حيث تجتمع هذه الصفات في تراكيب يسهل انتخابها وتحقق إنتاجية مرتفعة.

٢ ـ دراسة الأصول الوراثية وتقييمها:

لكي تتحقق الاستفادة القصوى من الأصول الوراثية، يجب تقييمها وغربلتها وفقاً للصفات والخصائص المرغوبة لإدخالها في برامج التربية. وتضم البنوك الوراثية العالمية عشرات الآلاف من الجيرمبلازم التى تشمل التنوع والاختلاف الهائل في المورثات.

إن الأصناف المحلية Land races والتى تزرع في المناطق ذات الموارد المحدودة تتمتع بصفات وخصائص جيدة من حيث تحملها لتلك الظروف واستقرار الإنتاج رغم انخفاضه، وهى تحمل خصائص تكنولوجية جيدة، وقيمة غذائية مرتفعة. ويمكن الاستفادة منها في برامج التربية لمقاومة الإجهادات وذلك بتهجينها مع الأصناف الحديثة ذات الإنتاجية العالية بهدف الحصول على انعزالات وراثية عالية الإنتاج وفى نفس الوقت تتحمل هذه الموارد المحدودة.

ويجب الاستفادة أيضاً من الأنواع البرية (Wild types) فى برامج التربية الهادفة حيث إنها تحمل صفات جيدة من أجل التكيف البيئي مع شروط الإجهادات البيئية والحيوية وذلك مثل الشعير البري *Hordeum spontaneum* المنتشر فى الشرق الأوسط.

٣ ـ اتخاذ القرار حول اختيار الأصناف والسلالات الأبوية:

يعتبر اختيار الأصناف والسلالات الأبوية أحد أهم القرارات التى يجب اتخاذها فى برامج التربية. فإجراء التهجينات عملية مكلفة فى المال والزمن. إن الآباء لها حدود وراثية من أجل التقدم المتوقع عبر الانتخاب. ويتم اختيار الآباء وفقاً لنمط التهجين أو أسلوب التربية.

ففى التربية من أجل الحصول على التراكيب الوراثية المتفوقة، يجب انتقاء الآباء التى يحمل كل منها بعض المورثات المسئولة عن الصفة المراد الانتخاب من أجلها. وعندما تتجمع المورثات الآتية من الآباء، خلال عملية التهجين، تتحدد الصفة المتفوقة والتي يمكن الانتخاب من أجلها فى الأنسال الانعزالية.

أما بالنسبة للتربية من أجل انتخاب التراكيب الوراثية الجديدة، فيتم اختيار الآباء التى يحمل كل منها صفة من الصفات المراد اجتماعها في التراكيب الوراثية الجديدة. وعندما تتجمع الصفات المنتقلة من الآباء تتحدد التراكيب الوراثية الجديدة الحاملة للصفات الجيدة والتى يمكن انتخابها فى الأجيال الانعزالية بدءاً من الجيل الثاني (F_2)، ولتحقيق ذلك يجب أن تختار الآباء التى تحمل كل منها صفة مظهرية واضحة التعبير، ليسهل تجميعها خلال عملية التهجين فى تراكيب وراثية جديدة سهلة الانتخاب. وفي جميع الحالات، يجب أن يعطى اهتمام كبير للتباعد الوراثى أو

الجغرافي بين الآباء.

فقد وجد الصعيدى وحمادة (١٩٩٧) أن التهجين بين الأصناف المحلية × الأجنبية أعطت نتائج أفضل من التهجين بين أصناف محلية × محلية فى دراسة على محصول القمح.

ووجد الصعيدى وخطاب (٢٠٠٠) فى دراسة عن محصول الشعير أن اختيار الآباء من بيئات جغرافية مختلفة هو المفتاح لإيجاد هجن قوية وذلك مقارنة بالآباء التى يتم اختيارها من نفس المنطقة الجغرافية.

٤ ـ اختيار طرق التربية:

يعود الفضل في إنتاج غالبية الأصناف الحديثة إلى:

- المستوردات Intoductions
- الانتخاب بطريقة تسجيل النسب Pedigree selection
- الانتخاب بطريقة التجميع Bulk selection
- التربية بالتهجين الرجعى Back crossing

لقد لعبت المستوردات وما زالت تلعب دوراً كبيراً فى التربية. ويجب على المربي أن لايتردد في استخدام الأصناف الجديدة أو الأصول الوراثية الأبوية أو كليهما والتي أنتجها مربون آخرون.

وإذا ما توافرت فرص الانتخاب بشكل جيد في كل جيل، فإن الانتخاب بطريقة تسجيل النسب (Pedigree selection) ستكون أكثر جدوى. أما إذا كانت فرص الانتخاب في كل جيل ضعيفة أو قليلة فإن استخدام طريقة الانتخاب التجميعى (Bulk selection) ستكون أفضل.

٥ ـ تقصير فترة برامج التربية:

يبحث المتخصصون فى مجال تربية النبات عن الطرق والوسائل التى تقلل من الزمن اللازم للحصول على صنف جديد. ويؤدى التأخير فى الحصول على الصنف الجيد إلى ضياع فرصة الحصول على الإنتاج على المزارع. إن مدة (١٠-١٥) سنة اللازمة للحصول على صنف جديد كما تشير النتائج هى مدة غير مقبولة. لذلك نجد أنه من الضرورى تقصير الزمن اللازم للحصول على صنف جديد ويكون ذلك عن طريق هدفين أساسيين وهما:

أ ـ زراعة أكثر من جيل واحد فى السنة:

فلقد أصبحت عملية زراعة أكثر من جيل واحد فى السنة تقنية معروفة فى بعض برامج التربية، إذ يستطيع المربى فى المناطق ذات المناخ البارد والفصل القصير أن يزرع زراعاته الشتوية فى الطقس الحار. بينما يستطيع المربى فى المناخ الحار أن ينتج موسمين فى السنة. وتتطلب الزراعات الصيفية اهتماماً خاصاً إذ لا يكون النمو نموذجياً ومع ذلك تسمح بالحصول على جيل اضافى لإنتاج كمية من الحبوب ، كما يمكن ممارسة بعض عمليات الانتخاب.

ويرى بعض المربين أنه من الأفضل استخدام صوب زجاجية (زراعة محمية) فى أشهر الشتاء وذلك من أجل الحصول على أجيال متقدمة، ففى مينيسوتا فى الولايات المتحدة الأمريكية يتم الحصول على ثلاثة أجيال فى السنة ، باتباع هذا الأسلوب.

ب ـ تسريع عمليات الحصول على الصنف الجديد عن طريق إلغاء بعض المراحل:

حيث يمكن رفع كفاءة برنامج التربية وتسريعه عن طريق تقليل عدد الأجيال المستخدمة فى برامج الانتخاب بطريقة النسب أو التجميع . فإذا كان الانتخاب لصفة ما (أو لعدة صفات) فى الجيلين الثانى والثالث فعالاً فإنه يمكن ممارسة الانتخاب النهائى فى الجيلين الثالث والرابع. ومما لاشك فيه أن صنفاً منتخباً بهذه الطريقة سيكون غير نقى وراثياً . ولكن كما يشير بعض

العلماء بأنه لا توجد حقائق تثبت أن الصنف النقى وراثياً سيكون أكثر جودة أو أفضل من غيره. وعلى المربى أن يوازن بين المدة اللازمة للحصول على الصنف الجديد وبين الجدوى الاقتصادية من زراعته.

النمط المثالى Ideotype:

يجب البحث عن الصفات الممكنة لتحمل نقص العناصر والنمط المثالى تحت هذا الإجهاد حيث إن رضوان وآخرون (٢٠٠٣) اقترحوا طرازاً وصفياً Ideotype لنبات الذرة يمكن الانتخاب لمواصفاته وذلك لتحسين أداء الذرة تحت ظروف التسميد الأزوتى المنخفض، وهذا الطراز يشتمل على : تفوق غلة الحبوب، كفاءة استخدام النتروجين عالية (NUE)، تبكير انتثار حبوب اللقاح وظهور الحراير مع قصر الفترة بينهما (Anthesis-silking interval (ASI، كبر مساحة ورقة الكوز العلوى، بطء شيخوخة الأوراق Slow leave senscence ، زيادة عدد الأوراق الخضراء/ نبات Stay green ، انخفاض موقع الكوز ، تفوق الوزن الجاف الكلى للنبات ، انخفاض وزن الحطب ، زيادة عدد الكيزان للنبات.

وقد أوضح (1944) Lafitte and Edmeads أن استخدام دليل للصفات التى شملت الحصول على محصول عالٍ تحت ظروف التسميد المنخفض والصفات الثانوية للمحصول يمكن الانتخاب لها مثل التركيز العالى للكلورفيل فى وحدة مساحة أوراق الكوز وبطء شيخوخة الأوراق وذلك فى نبات الذرة.

حالات نقص العناصر الغذائية:

يؤدى نقص عنصر أو أكثر من العناصر المغذية الأساسية إلى ظاهرتين مهمتين داخل أنسجة النبات:

الأولى: أنه يحدث خلل فى توزان العناصر داخل الأنسجة وبالتالى يحدث تأثير على جميع العمليات الحيوية داخل أعضاء النبات والتى تؤدى على تأثير سيئ على النمو وكذلك على

تكوين المحصول.

الثانية: أن النبات لايجد التركيز المناسب من العناصر للقيام بالعمليات الحيوية المرتبطة به ، وبالتالى يحدث بطء لهذه العمليات أو تتوقف، وبالتالى يظهر أمراض فسيولوجية على النبات وقد تؤدى فى حالة النقص الشديد لموت النبات.

إن النباتات التى تعانى من نقص العناصر فى التربة نجد أنه يبدو عليها حالة من النقص الظاهرى.

ويوجد كذلك العديد من حالات النقص الأخرى مثل:

١- النقص المستتر: حيث يحدث ذلك بدون ظهور الأعراض الواضحة على النبات وهذا يحدث عن طريق نقص عنصر واحد - نقص فى أكثر من عنصر.

٢- النقص الحقيقى نتيجة قلة كمية العنصر فى التربة.

٣- النقص غير الحقيقى نتيجة لعدم صلاحية العنصر للامتصاص من التربة أو عدم فاعليته فى النبات أو نتيجة التداخل بين العناصر أو نتيجة عوامل بيئية. ومن الواضح أن التعرف على الحالة المسببة للنقص تكون مهمة جداً وذلك لاقتراح طريقة العلاج.

وتبدأ أعراض نقص العنصر على النبات عندما يصل نقص الكمية الميسرة من العنصر فى التربة إلى الدرجة التى تؤثر على نمو النبات، وبالتالى تؤثر على كمية المحصول الناتج. وتسمى حالة ظهور نقص العنصر بحالة النقص الظاهرى وهذه تختلف عن حالة النقص المستتر والتى لا يمكن اكتشافها إلا عن طريق تقدير العناصر فى النسيج النباتى. ويختلف موضع ظهور الأعراض فى البداية لنقص العنصر على الأجزاء المختلفة للنبات باختلاف قدرة هذا العنصر على الحركة أو الانتقال داخل النبات من الأجزاء المسنة إلى النموات الحديثة وهى الأوراق غالباً. فمثلاً نجد أن العناصر الكبرى مثل النتروجين ، الفوسفور ، البوتاسيوم و الماغنسيوم تظهر أعراض نقصها أولاً على الأوراق المسنة للنبات ، فى حين تظهر أعراض الكبريت والكالسيوم

والعناصر الصغرى على الأوراق الحديثة أو الأجزاء العلوية الأخرى ويرجع ظهور النقص على الأوراق الحديثة نتيجة لصعوبة تحرر هذه العناصر من مركباتها فى الأجزاء المسنة البالغة والموجودة فى أسفل النبات ثم انتقالها إلى الأجزاء الحديثة. وهنا يجب الإشارة إلى أن طبيعة نمو النبات وحجمه يؤثران على شكل وأولوية ظهور الأعراض ، حيث نجد أن الأشجار الكبيرة تختلف عن النباتات العشبية، كما تختلف النباتات ذات الفلقة الواحدة عن ذات الفلقتين ، وأيضاً نجد أن نمو النباتات يتأثر بدرجات مختلفة باختلاف نوع العنصر الذى حدث به نقص. ويحدث شيخوخة مبكرة للأوراق نتيجة لقلة انتقال العناصر الغذائية من الجذور إلى الساق وكذلك يحدث تحرك للكربوهيدرات من الأوراق إلى المجموع الجذرى وبالتالى تحدث الشيخوخة المبكرة. كذلك فإن نقص عنصر المنجنيز يؤثر سلبياً على تكوين المادة العضوية فيقل حجم الأوراق وتصبح مشوهة ونقص عنصر الزنك يؤدى لتقزم النباتات وتساقط الأزهار والثمار قبل النضج، وأن نقص البورون يسبب تكوين سنابل قمح أو شعير أو أرز فارغة من الحبوب أو ضمور الحبوب.

تحمل نقص العناصر الغذائية

إن مشكلة نقص العناصر الكبرى الغذائية توجد فى جميع أنواع الأراضى بصورة عامة وهذه العناصر الكبرى macroelements مثل النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم NPK علاوة على نقص بعض العناصر الغذائية الصغرى microelements حيث تقل صلاحية هذه العناصر نتيجة لارتفاع pH التربة عن نقطة التعادل فى الأراضى القلوية من أهمها الحديد والزنك والمنجنيز علاوة على أن pH فى التربة تؤثر على نشاط مختلف الكائنات الحية الدقيقة التى تعيش في التربة وكذلك يؤدى انخفاض الرقم الأيدروجينى للتربة فى الأراضى الحامضية لزيادة تركيزات عنصر الألومنيوم والحديد والمنجنيز وقد يزيدوا إلى حد السمية.

وفى مصر نجد أن الرقم الأيدروجينى للتربة يرتفع عن نقطة التعادل (أراضى قلوية) مما يؤدى إلى ظهور مشكلة نقص العناصر المغذية الصغرى والتى من أهمها الحديد والزنك والمنجنيز

ويوجد أيضاً مشكلة عدم كفاية العناصر الكبرى الضرورية للنبات مثل النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم فى معظم الأراضى.

إن الاختلافات الوراثية بين النباتات يمكن أن تحدد مدى كفاءة النبات فى امتصاص العناصر الغذائية من التربة، وأن دراسة مثل هذه الاختلافات يمكن أن تساعد المربى فى انتخاب وتربية أصناف تصلح للإنتاج تحت ظروف نقص بعض العناصر.

لذلك فإنه سيتم إلقاء الضوء على مدى كفاءة النباتات فى الاستفادة من هذه التركيزات المنخفضة من العناصر الغذائية وكذلك جهود مربى النباتات لزيادة كفاءة المعيشة التعاونية مع ميكروبات التربة المختلفة.

خصائص النباتات التى تتحمل نقص العناصر فى التربة

من أهم الخصائص التى تتميز بها النباتات التى يمكنها النمو فى ظروف نقص العناصر فى التربة مايلى:

أولاً: كفاءة استخدام النتروجين Nitrogen use efficiency (NUE)

إن زيادة كفاءة استفادة النبات من الكميات المتاحة من العناصر المغذية الكبرى والصغرى تؤدى إلى أن النباتات تعطى وزناً جافاً عالياً عن النباتات الأقل كفاءة. (يعبر عن كفاءة الاستفادة من الكميات المتاحة من عنصر معين: بعدد المليجرامات للمادة الجافة التى ينتجها النبات مقابل كل مليجرام من العنصر الممتص) وأن التراكيب الوراثية لها القدرة على زيادة كفاءتها لاستخدام النتروجين (NUE) تحت ظروف التسميد المنخفض.

NUE = (N recovered / N supplied)

لذلك يجب استنباط تراكيب وراثية لها القدرة على إنتاج كمية جيدة من المادة الجافة (المحصول) باستخدام كمية محدودة من النتروجين المضاف وبالتالى يقل كمية السماد المضاف.

كفاءة استخدام السماد (FUE %) تعتبر قياسًا كميًا بالنسبة للامتصاص الفعلى للعناصر

السيادية عن طريق النبات مع ما يتعلق بالكمية المضافة للتربة (Zapata, 1990).

عرفها Moll et al., 1982 بأنها عبارة عن محصول الحبوب (GW) من وحدة النتروجين المضاف (NS) – وعبروا عنها بأنها $NUE=G_W/N_S$.

وأن هناك مكونين رئيسيين لكفاءة استخدام النتروجين:

١-كفاءة امتصاص النتروجين (N uptake efficiency) N_T/N_S حيث N_T تعبر عن تراكم النتروجين فى أجزاء النبات السفلية (فوق سطح الأرض).

٢- الكفاءة للنتروجين المستخدم لإنتاج الحبوب N utilization efficiency (G_W/N_T) أى وزن الحبوب الناتج من وحدة النتروجين الممتص. ويتم حسابها بقسمة المحصول الناتج لوحدة المساحة / النتروجين المضاف.

لذلك فإن NUE ناتجة من مكونين وهما N_T/N_S X G_W/N_T

$$NUE = G_w \text{ (grain yield)} / N_s \text{ (N supplied)}$$

وقام Moll وآخرون ١٩٨٧ بتجزئة كفاءة استخدام النتروجين NUE (G_w / N_T) إلى مكونين وهما N_g/N_t والتى تقيس كفاءة انتقال النتروجين إلى الحبوب، (N_g = grain N)، G_w/N_g تشير إلى وزن الحبوب الناتجة من وحدة المساحة للنتروجين المخزن فى الحبوب.

وأوضح Ma and Dwyer (١٩٩٨) أن استمرار الأوراق الخضراء (Stay green) يؤدى إلى زيادة كفاءة استخدام النتروجين – وزيادة النتروجين الممتص بنسبة تصل إلى أكثر من ٢٠٪ عند امتلاء الحبوب وقد أثبت Van Beem and Smith (١٩٩٦) أنه يوجد اختلافات لكفاءة استخدام النتروجين تحت ظروف التسميد المنخفض فى التراكيب الوراثية للذرة.

وأوضح Akintoye *et al*(١٩٩٩) أن التراكيب الوراثية لمحصول الذرة اختلفت كثيراً فى المحصول واختلفت فى النتروجين الممتص فى كفاءة استخدام النتروجين واتضح أن الهجن كانت أكثر كفاءة فى استخدام النتروجين عن الأصناف التركيبية وعن السلالات.

ووجد ميتكيس وآخرون (١٩٩٦) أن كفاءة استخدام النتروجين فى محصول القمح قد زادت نتيجة إضافة التسميد الحيوى.

ووجد Cho *et al*(١٩٩٦) أن التسميد المنخفض أدى إلى زيادة معدل النتروجين الممتص لمحصول الأرز.

وأكد عبد الغنى وعوض (١٩٩٩) على أن هناك اختلاف فى كفاءة امتصاص النتروجين بين التراكيب الوراثية المستخدمة فى الدراسة لمحصول القمح.

ثانياً: تحمل النبات للموارد الشحيحة

أ - بالنسبة لجذور النباتات المتعرضة للموارد الشحيحة (Low input)

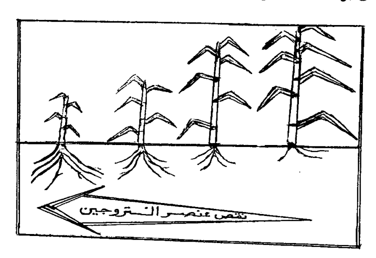
أ - ١- زيادة انتشار وتعمق المجموع الجذرى

يحدث تكوين جذور قوية وشعيرات جذرية كثيفة مثل هجن الذرة والأرز الهجين وأصناف المحاصيل الأخرى مما يؤدى إلى زيادة امتصاص العناصر المغذية وبالتالى يتم الاستفادة من نقص العناصر فى التربة. فقد يتعرض أيون الأمونيوم لعملية التثبيت على أسطح الغرويات الأرضية مما يلزم وجود مجموع جذرى قوى ونشط لجذب وامتصاص هذا الأمونيوم المدمص على أسطح الغرويات ويتضح أيضاً أن عنصر الفوسفور لا ينتقل فى التربة لذا فإن كفاءة النباتات فى الاستفادة من الكميات المتاحة منه تتحدد بمدى تعمق المجموع الجذرى وشعيراته بالتربة – ويوضح ذلك الجذر القطنى Cottony root حيث تميز هذا الجذر بدرجة عالية من الكفاءة وذلك نتيجة لكثافة شعيراته الجذرية – لذا أطلق على هذا الشكل المظهرى اسم الجذر القطنى وذلك عند تقييم سلالات من الطماطم لكفاءة امتصاص الفوسفور. ويقتصر امتصاص العناصر على الجذور الموجودة فى المناطق العميقة من التربة خاصة عند التعرض للجفاف الشديد حيث تتميز هذه المناطق بنقص محتواها من النتروجين وزيادة كمية الأملاح. إن تشعب المجموع الجذرى يزداد خاصة الشعيرات الجذرية الدقيقة للمحاصيل المنزرعة فى الأراضى الفقيرة فى محتواها النتروجينى، وأن نسبة الجذور : المجموع الخضرى تكون مرتفعة. ويفسر ذلك بأن الجذر

يستهلك كمية النتروجين القليلة الممتصة من الأرض الفقيرة فى عنصر النتروجين وبالتالى تقل الكمية المنتقلة من الجذر إلى المجموع الخضرى لكى تتفاعل مع الكربوهيدرات لتكوين مزيد من الخلايا الجديدة مما يسبب ضعفاً فى إنتاجية المجموع الخضرى على حساب نمو المجموع الجذرى. وقد تؤدى هذه الحالة إلى تحرك الكربوهيدرات من الأوراق إلى المجموع الجذرى ويتفاعل مع النتروجين الممتص مما يؤدى إلى مزيد فى نمو الجذور على حساب النمو فى المجموع الخضرى وبالتالى تحدث الشيخوخة المبكرة للأوراق ، وطبيعى أن التسميد النتروجينى يعكس هذه الحالة حيث تنعكس هذه النسبة بزيادة النتروجين فى الأرض، لأن الأراضى الغنية بالنتروجين تكون جذور النباتات بها قصيرة وسميكة وجيدة التفرع (شكل ٣) .

وقد ذكر عمر وباسيليوس (١٩٩٨) أن زيادة امتصاص العناصر المغذية بواسطة النبات لمحصول القمح يمكن أن ترجع إلى الزيادة العامة فى حجم المجموع الجذرى وليس ارتفاع نوعى لميكانيكة امتصاص الأيون الطبيعى.

ودرس عشوش وعبد المنعم (٢٠٠١) بعض اللقاحات البكترية المختلفة على محصول القمح ووجدوا أن نشاط النظام الجذرى يزيد نتيجة لإفراز بعض الهرمونات عن طريق اللقاحات وبالتالى يزيد امتصاص العناصر من التربة.



شكل(٤): تأثير نقص عنصر النتروجين على نسبة الجذور إلى السيقان فى المراحل الأولى من نمو نباتات الحبوب.

وقد وجد أن صفات النمو الجذرى- مثل وزنه ودرجة تشعبه- ترتبط فى كل من الذرة والأرز بالقوة اللازمة لاقتلاع النباتات من التربة. ويعد هذا الاختبار وسيلة سهلة وسريعة لتقدير مدى تشعب وكثافة النمو الجذرى الذى يصعب قياسه بدقة وبصورة مباشرة، فضلاً عما يصاحب طرق التقدير المباشرة من تباينات كبيرة فى العينات المقاسة.

أ - ٢ - عند نقص عنصر الحديد خاصة فى الأراضى التى يصل pH التربة إلى أكثر من ٧,٥ فإن النبات يعطى جذوراً قوية لها المقدرة على إفراز أيون الأيدروجين الذى يزيد اختزال أيون الحديديك إلى حديدوز على سطح الجذور للاستفادة من امتصاص هذا العنصر.

أ - ٣ - زيادة محتوى الجذور من حمض الستريك الذى يعمل على إذابة الفوسفات غير الذائبة وتحويلها إلى صورة ذائبة لتستطيع النباتات امتصاصها. وقد وجد أن نبات الترمس يحتوى على مجموع جذرى قوى ومتعمق ويتميز بإفرازات ذات تأثير حامضى، وهذا يساعد النبات على الاستفادة من المركبات الفسفورية غير الذائبة من التربة والتى لا تستطيع كثير من المحاصيل الأخرى الاستفادة منها. وكذلك استنباط تراكيب وراثية تحتوى على جذور لها القدرة على إذابة الفوسفات غير الذائبة (فوسفات ثلاثى الكالسيوم أو الأبتيت، فوسفات الحديدوز أو فوسفات الألومنيوم) فى الأراضى القلوية وتحويلها إلى صورة ذائبة مرة أخرى يستفيد منها النبات.

أ - ٤ - وجود تراكيب وراثية لها القدرة على امتصاص الزنك من الأراضى التى يرتفع فيها عنصر الفوسفور.

أ - ٥ - جذوربعض النباتات قادرة على إفراز مواد تعمل على رفع pH التربة المحيطة بالجذور مباشرة فى الأراضى الحامضية (عند pH أقل من ٥,٥) حيث تتكون مركبات غير ميسرة لعنصر الفوسفور الذى يحدث له ترسيب لاتحاده مع الحديد والألومنيوم وكذلك عنصر المولوبيدنيوم الذى لا يذوب بزيادة الحموضة، وعلى الجانب الآخر يزيد تركيز عنصر الألومنيوم السام حيث ينفرد نتيجة لتهدم معادن الطين وكذلك الحديد والمنجنيز، ونتيجة لهذه الإفرازات من الجذور يتيسر عنصر الفوسفور والمولوبيدنيوم ويقل فيقل تأثير السمية الناتجة عن زيادة

تركيز هذه العناصر، وقد أمكن استنباط أصناف لها خاصية تحمل الألومنيوم العالى وتم نقل هذه الصفة من هذه الآباء للأصناف المنزرعة الأخرى دون تعديل pH.

أ - ٦ - وجود غشاء بلازمى خارجى لخلايا القمة النامية لجذور بعض النباتات والذى يتحكم فى دخول الأيونات لخلايا الجذر عند زيادة الألومنيوم الناجم عن انخفاض pH التربة فى الأراضى الحامضية.

أ - ٧ - وجود التراكيب الوراثية التى يكون لها القدرة على الامتصاص الاختيارى لأيون البوتاسيوم أعلى من الصوديوم حيث تقوم باستبعاد أيون الصوديوم وحفظ نسب البوتاسيوم إلى الصوديوم (K^+: Na^+) عالية فى الأوراق والسيقان خاصة التى تنمو فى الأراضى الملحية وكذلك التبادل الأيونى . فقد وجد أن إضافة K^+ إلى بيئة جذور نبات الشعير والتى تحتوى على تركيز مرتفع من Na^+ أدى إلى خروج Na^+ من سيتوبلازم الخلايا (باستخدام الطاقة) وتم امتصاص K^+ بدلاً منه عن طريق التبادل الأيونى عند الغشاء البلازمى – وبالتالى تحافظ هذه الطريقة على نسبة عالية من K^+ فى السيتوبلازم ونسبة منخفضة من Na^+ ويكون لها دور مهم فى مقاومة الإجهاد الملحى أو عزل الصوديوم فى الفجوة العصارية.

أ - ٨ - وجود بعض اللقحات البكترية اللاتكافلية مثل السيريالين تفرز مواد منشطة لنمو النبات والإنزيمات وبعض الفيتامينات وبعض المضادات الحيوية مما يؤدى إلى زيادة المجموع الجذرى فيزيد من كفاءة امتصاص النبات للعناصر الغذائية الموجودة في التربة ويقلل من استخدام السماد النتروجينى بنسبة ١٠-٢٥٪.

وقد وجد عشوش وعبد المنعم (٢٠٠١) أن زيادة محصول الحبوب/ فدان فى القمح الراجع للتسميد بالميكروبين يمكن أن يرجع إلى Endogemous photohormons (IAA, GAS, C,K) وتلعب دوراً مهماً فى نشاط المجموع الجذرى وبالتالى يزيد امتصاص المغذيات من التربة ومعدل البناء الضوئى والتخزين الغذائى الذى أدى إلى زيادة مكونات المحصول.

ب- التبكير فى التزهير والنضج:

يجب استنباط تراكيب وراثية مبكرة النضج وذلك لتفادى نقص عنصر النتروجين المتاح فى التربة، وقد وجد Lafitte وآخرون (١٩٩٧) أن الأصناف المبكرة كانت أقل تأثراً بنقص النتروجين، ويجب أن ترتبط بأكبر دليل مساحة لأوراق الكوز، وتركيزات قليلة من النتروجين فى الحبوب ومحصول العلف، تقارب الفترة بين تكوين النورات كما فى محصول الذرة الشامية. حيث ذكر رضوان وآخرون (٢٠٠٣) أن النمط المثالى لتحمل نقص العناصر يجب أن يكون هناك تبكيراً فى انتشار حبوب اللقاح وظهور الحراير مع قصر الفترة بينهما. Anthesis- silking interval (ASI)

جـ- تتميز الأوراق فى التراكيب الوراثية التى تتحمل الموارد الشحيحة بالآتى:

جـ-١- زيادة أعداد الأوراق الخضراء على النبات (stay green) :

يجب أن تظل أعداد الأوراق خضراء وبأعداد كبيرة حتى بعد مرحلة النضج لكى تقوم هذه الأوراق بعملية التمثيل الضوئى.

جـ-٢- بطء شيخوخة الأوراق السفلية (slow leave senescence): حيث تقوم هذه الأوراق فى هذا العمر بنقل العناصر من الأوراق إلى النورات بعد تكوينها كما فى محصول الذرة الشامية ، إضافة إلى أنه يجب أن يستمر دور هذه الأوراق للقيام بعملية التمثيل الضوئى، وزيادة تراكم المواد الكربوهيدراتية فى النبات حيث وجد Lafitte and Edmeades (١٩٩٤) أن بطء شيخوخة الأوراق مهم جداً تحت ظروف الموارد الشحيحة.

وأوضح Ma and Dwyer (١٩٩٨) أن المحافظة على إطالة المساحة الورقية الخضراء لزيادة التمثيل الضوئى أثناء امتلاء الحبوب وزيادة المقدرة على الامتصاص مهم جداً وذلك لكى يكون النبات أكثر كفاءة فى استخدام النتروجين مقارنة بالشيخوخة المبكرة للأوراق فى بعض

الهجن أو الأصناف الأخرى.

جـ - ٣ - كبر دليل مساحة أوراق الكوز: فقد وجد Lafitte وآخرون (١٩٩٧) أن تحسين التراكيب الوراثية لابد أن تحتوى على أكبر دليل مساحة لأوراق الكوز لتقوم بعملية التمثيل الضوئى.

وقد وجد Lafitte and Edmeades (١٩٩٤) أن التركيز العالى للكلوروفيل فى وحدة مساحة أوراق الكوز مهم جداً ومن الصفات التى يجب الانتخاب لها تحت ظروف التسميد المنخفض فى الذرة.

د - زراعة الأصناف المسفاة: وذلك لمقدرتها على القيام بعملية التمثيل الضوئى، ويؤثر أيضاً على حركة السيتوكينين إلى الحبوب فتحتجز السنابل المسفاة الأشعة وثانى أكسيد الكربون الجوى وتسهم فى امتلاء الحبوب والأزهار الطرفية.

هـ - انخفاض محتوى النتروجين فى الحبوب: فقد وجد Kling وآخرون (١٩٩٦) أن هجين الذرة أعطى محصولاً عالياً عن الأصناف المنزرعة ولكن كان محتوى الهجين من نتروجين الحبوب أقل بكثير من الأصناف عند مستوى صفر كجم نتروجين، وكذلك وجد Lafitte وآخرون (١٩٩٧) أن هناك تركيزات قليلة من النتروجين فى الحبوب عند نقص عنصر النتروجين المتاح فى التربة.

و - زراعة الأصناف التى تستطيع بعض السلالات البكترية المتخصصة إصابتها: فقد وجد أن نباتات معينة داخل المجموعة الواحدة وداخل النوع الواحد تستطيع بعض سلالات بكترية متخصصة إصابتها حيث إن هذه السلالات البكترية ذات كفاءة عالية فى تكوين العقد وتثبيت النتروجين.

ز - زيادة كمية المادة الجافة فى النبات: إن زيادة كفاءة استخدام النبات للنتروجين تؤدى إلى زيادة كمية المادة الجافة مقارنة بالنباتات الأقل كفاءة.

حيث وجد Ma and Dwyer (١٩٩٨) أن زيادة كفاءة استخدام النتروجين لهجن الذرة الشامية أدى إلى زيادة أكثر من ٢٤٪ إنتاج مادة جافة.

ووجد رضوان وآخرون (٢٠٠٣) تفوق الوزن الجاف الكلى للنبات تحت ظروف التسميد المنخفض لبعض الهجن المستخدمة فى الدراسة.

وقد وجد الغندور وآخرون (٢٠٠٣) أن التسميد الحيوى بالريزوبيوم والميكوريزا فى نبات الحمص أدى إلى زيادة إنتاج المادة الجافة مقارنة بالمعاملة غير الملقحة.

ح - دليل الحصاد: أوضح Kanampiu *et al*(١٩٩٧) أن كفاءة استخدام النتروجين ظهرت بوضوح فى أصناف القمح والتى أعطت دليل حصاد عالى تحت مستوى منخفض من النتروجين، ووجد Lafitte *et al*(١٩٩٧) أن هناك اختلافات معنوية فى أصناف الذرة فى دليل الحصاد. ووجد Cho *et al*(١٩٩٦) أن دليل الحصاد كان عالياً تحت ظروف التسميد المنخفض ، وقد وجد عبد الغنى وعوض (١٩٩٩) أن المجموعتين (الأكثر كفاءة واستجابة، والأكثر كفاءة وعديمة الاستجابة) أعطيتا أعلى معنوية لدليل الحصاد تحت التسميد المنخفض.

ط - زيادة معدل التمثيل الضوئى والتحكم الثغرى أثناء الظهيرة: فقد وجد Cho وآخرون (١٩٩٦) أن التغير الذى حدث فى امتصاص النتروجين تحت ظروف التسميد المنخفض أدى إلى زيادة معدل التمثيل الضوئى والتحكم الثغرى فى أثناء الظهيرة لمحصول الأرز.

ثانياً: التربية للاستفادة من الأسمدة الحيوية

الأسمدة الحيوية

كما ذكرنا سابقاً فإن الميزان بين المدخلات (Input) والمخرجات (output) عندما يكون سالباً فإن مخزون العناصر الغذائية قد ينخفض فى التربة وأن نظام الإنتاج الزراعى فى هذه الحالة يكون غير مستدام Unsustainable ولذلك فإنه لابد من وجود مدخل طبيعى لتعويض هذا الميزان عن طريق تثبيت الأزوت الجوى بواسطة الكائنات الحية الموجودة فى التربة.

إن حوالى ٩٠٪ من نتروجين التربة يتم إعادته إليها مرة أخرى عن طريق التثبيت الحيوى وذلك بواسطة الميكروبات سواء التكافلية أو اللاتكافلية حيث لا تحتوى الصخور الأصلية أو معادن التربة على نتروجين – ولا تستطيع النباتات الاستفادة من عنصر النتروجين الغازى مباشرة مما يؤدى إلى قيام الميكروبات بعملية التثبيت ثم عملية المعدنة – لذلك كان من الأهمية بمكان أن نسلط الضوء على دور الأسمدة الحيوية وأهميتها القصوى للنباتات، علاوة على أن الأسمدة الحيوية (المخصبات) تعتبر مصدراً غذائياً للنبات رخيص الثمن ومهم جداً للنبات بمقارنته بالأسمدة المعدنية، حيث إن تصنيع الأسمدة المعدنية ليس متاحاً لكثير من الدول النامية والتى هى بحاجة ماسة إلى تكثيف الإنتاج الزراعى بها – وأن استخدام هذه الأسمدة المعدنية مكلفاً– لذلك كان لابد من استخدام وسائل أخرى بديلة مثل انتخاب أو استنباط أصناف أو سلالات جديدة لها قدرة عالية على استخدام الأسمدة الحيوية (الكائنات الحية الدقيقة) والتى تقوم بتحويل الأزوت الجوى إلى صورة صالحة لتغذية النباتات الراقية (بكتريا العقد الجذرية) أو بتيسير عنصر الفوسفور ليصبح فى صورة ذائبة و يستفيد منها النبات مثل (الميكوريزا والفوسفورين).

ما هو المقصود بالسماد الحيوى ؟ : هو عبارة عن كل الإضافات التى هى من أصل حيوى وتقوم بإمداد النبات النامى باحتياجاته الغذائية – وتسمى أيضاً اللقحات الميكروبية حيث تقوم البكتريا بتثبيت أزوت الهواء الجوى وتوجد كذلك الأزولا والطحالب

الخضراء المزرقة.

إن تثبيت الأزوت الجوى يكون إما تكافلياً مع النباتات الراقية أو لا تكافلياً وتتم عن طريق اختزال الأزوت الجوى داخل جسم الكائنات الحية الدقيقة بواسطة إنزيم النتروجينيز إلى أمونيا وهذه بدورها تمثل داخل جسم الميكروب ويطلق عليها (عملية التمثيل Immobilization) وذلك لبناء مواد بروتينية (أحماض أمينية ثم إلى بروتين) ثم تنطلق المغذيات المثبتة داخل الطحالب إلى التربة عن طريق تمزيقها أو تحلل خلايا الطحالب بعد موتها ليصبح الأزوت ميسراً للمحصول النامى فى هذه التربة ويطلق على ذلك (عملية المعدنة Mineralization) ، علاوة على أنه للطحالب دور مهم فى أنها تساعد على تحسين خواص التربة، وتعتبر مصدراً رخيصاً للمادة العضوية وتزيد من كمية الأكسجين فى التربة.

وفى مصر تتميز الأراضى بصفة عامة بارتفاع محتواها من كربونات الكالسيوم (قلوية التأثير pH ٧,٥-٨,٥) مما يؤدى إلى ترسيب الفوسفات فى صورة غشاء رقيق يحيط بحبيبات التربة فيزيد من مساحتها السطحية وبالتالى لابد من وجود ميكروبات التربة بجانب جذور النبات لتحويل الفوسفات إلى صورة ذائبة مرة أخرى ليستفيد منها النبات، وتشجع فطريات الميكوريزا على امتصاص الفوسفات حيث تجعل الفوسفور ميسراً لعديد من المحاصيل المهمة لأن هذه الفطريات تعمل فى حالة تعاون مع جذور بعض النباتات فتقوم هذه الفطريات بعمل الشعيرات الجذرية حيث إن هيفات الفطر المتصلة بجذر النبات العائل والممتدة بالتربة تعمل كشبكة إضافية من الشعيرات الجذرية فتساعد النبات على امتصاص الماء والعناصر الغذائية والأملاح المعدنية كالفوسفور ، والبوتاسيوم والكالسيوم والحديد والنحاس والزنك والبورون لأن معظم هذه العناصر يتوقع نقصها عند pH أكبر من ٨. أما عند pH أكبر من ٨,٥ فإن عنصر الفوسفور يصبح ذائباً فى وجود الصوديوم ويعطى فوسفات صوديوم ذائبة، وكذلك يصبح البورون ميسراً لدرجة السمية خاصة فى الأراضى الملحية والصودية. ويزيد كذلك عنصر الصوديوم مما يؤثر على البناء الأرضى وكذلك عنصر المولوبيدنيوم فإنه يزيد. وأيضاً تشجع هذه الفطريات جذور العائل

على إفراز الأحماض، وهذه الفطريات تفرز إنزيمات مثل الفوسفاتيز التى تزيد من جهازية الفوسفور للنبات.وقد يوجد الفوسفور فى التربة ولكن يظهر أعراض نقصه على النبات نتيجة تحوله السريع إلى فوسفات كالسيوم ثلاثية أو الأبتيت أو يرسب على هيئة فوسفات حديدوز أو فوسفات الألومونيوم (هذه الصور غير ذائبة) والتى تقوم هذه الفطريات بتحويل فوسفات الكالسيوم الثلاثية إلى فوسفات الكالسيوم الأحادية (صورة ذائبة) لذلك فإنه لابد من استخدام الأسمدة الحيوية حيث إن هناك أيضاً البكتريا المذيبة للفوسفات ولها دور مهم فى تشجيع امتصاص الفوسفور، وللكائنات الحية الدقيقة قدرات مختلفة فيما يتعلق بإذابة الفوسفات المثبت على التربة وغير الذائب حتى داخل نفس النوع.

تثبيت نتروجين الهواء الجوى فى التربة الزراعية:

Nitrogen fixation (Diazotrophy)

يتعرض نتروجين التربة إلى فقد مستمر نتيجة لعمليات حيوية وغير حيوية، منها الغسيل، الانجراف وتطاير الأمونيا ، وكذلك ماتمتصه المحاصيل المختلفة، وتتوقف خصوبة التربة وإنتاجيتها على مقدار ما يعوض من هذا النقص بإضافة الأسمدة الأزوتية المعدنية والعضوية وذلك بالإضافة إلى ما تضيفه بعض أكاسيد الآزوت المتكونة فى الجو بواسطة البرق والرعد، كذلك إشعاع UV فى الجو حيث يتحد النتروجين والأيدروجين مكوناً أمونياً

$$N_2 + H_2 \xrightarrow{UV} NH_3$$

إلا أن كل هذا لا يعوض إلا بنسبة ضئيلة من النتروجين الذى تفقده التربة. وأن العامل الأساسى فى تعويض ما يفقد من التربة من هذا العنصر الأساسي هو تثبيت نتروجين الهواء الجوى حيوياً. وطبقاً للإحصائيات الحديثة فإن ما يزيد عن ٩٠ ٪ من نتروجين التربة فى العالم يسترجع ثانية عن طريق عمليات التثبيت الحيوية Biological fixation بواسطة الميكروبات.

ويمكن تقسيم الميكروبات التى تضاف كسماد حيوى أو الموجودة بالتربة إلى ما يلى:

أولا: الميكروبات المثبتة لآزوت الهواء الجوى التكافلية

Symbiotic nitrogen fixers

هذه الميكروبات يوجد منها عدد كبير من البكتريا والأكتينوميسيتات وبعض الطحالب الخضراء المزرقة والتى تقوم بتثبيت الآزوت الجوى فى العقد البكترية مع بعض نباتات معراة ومغطاة البذور.

وللتكافل عدة صور:

١- تكافل بين الريزوبيوم والنبات البقولى

٢- تكافل بين الريزوبيوم والنبات غير البقولى

٣- تكافل بين الطحالب الخضراء المزرقة ومعراة البذور (السيكاس)

٤- تكافل بين الأكتينوميست والنبات غير البقولى (الكازورينا)

البكتريا العقدية.

تتم عملية تثبيت النتروجين بواسطة البكتريا العقدية التابعة لجنسى *Rhizobium* & *Bradyrhizobium* داخل العقد الجذرية ، حيث تعيش هذه الميكروبات مع النباتات البقولية معيشة تكافلية (تبادل المنفعة)، فالنبات يمد الميكروب بما يحتاجه من المواد العضوية وغير العضوية اللازمة له، بينما تمد الميكروبات النبات بالمواد النتروجينية، وذلك بأن تثبت نتروجين الهواء الجوى فى النبات، وتختلف الأنواع التابعة للجنسين السابقين حسب نوع النبات العائل الذى يصيبه، فلكل مجموعة نباتات بقولية نوع معين من البكتريا العقدية التى تعمل على تكوين عقد على جذور هذه المجموعة النباتية، أما باقى الأنواع لا تستطيع أن تغزو هذه النباتات، وتم تقسيم النباتات البقولية إلى سبع مجموعات ، وكذلك تم تقسيم البكتريا العقدية إلى سبعة أنواع

وتسمى مجموعة النباتات البقولية التى يغزوها نوع واحد من البكتريا باسم المجموعة تبادلية التلقيح (Cross inoculation group). وبالرغم من أن النوع الواحد من البكتريا العقدية يغزو جميع أنواع النباتات البقولية التابعة لمجموعته التبادلية الخاصة Alfalfa group نجد أن نوع البكتريا هو *R.meliloti* وأن النباتات التابعة لهذه المجموعة هى البرسيم الحجازى والحلبة والحندقوق والنفل، إلا أن هناك سلالات بكترية تكون أكفأ فى تكوين العقد وتثبيت النتروجين على نبات معين فى داخل المجموعة عن النباتات الأخرى، وحتى النوع الواحد من النباتات البقولية قد يصيبه سلالات تختلف فى كفاءتها فى تثبيت النتروجين فبعضها ذو كفاءة عالية وبعضها متوسط وبعضها ضعيف.

ولذلك فإن مربى النباتات يولون هذا الموضوع أهمية كبيرة فى استنباط تراكيب وراثية تستجيب لسلالات بكترية ذات كفاءة عالية.

ولعنصر **الموليبدنيوم** أهمية خاصة فى عملية التثبيت نفسها، فبالإضافة إلى أنه يدخل فى تركيب إنزيم النتروجيناز فإنه يوجد أيضاً فى إنزيم Nitrate reductase الذى يوجد فى بكتيرويد بعض العقد. وغياب هذا العنصر لا يؤثر على نمو النبات ولا يمنع تكوين العقد الجذرية ولكنه يؤثر على كفاءتها فيفقدها قدرتها على التثبيت.

وقد لوحظ أن عنصر **الكوبالت** ضرورى لعملية تثبيت النتروجين تكافلياً إذ أن البكتريا العقدية تحتاج إلى هذا العنصر لدخوله فى تركيب Vitamin B_{12} Co-enzyme الذى يدخل فى نشاط إنزيمات Nuclotide reductase & methylmalonymutase التى تلعب دوراً أثناء تكوين العقدة وأثناء عملية التثبيت، أما **النحاس** فإنه يدخل فى تمثيل حمض Gamma amino butyric acid الموجود بعقد ريزوبيا بعض أنواع البرسيم.

ويعتبر مستوى النتروجين المعدنى (الأمونيا والنترات) من العوامل الرئيسية المؤثرة على مستوى تثبيت النتروجين تكافلياً، حيث إن وجود مستوى عالى من النتروجين المعدنى يؤدى إلى أن النبات البقولى يمثل النتروجين الجوى ولكن مع حدوث تناقص واضح فى أعداد وأحجام

العقد، ولكن وجود مستوى منخفض من الأمونيا (NH_3^+) والنترات (NO_3^-) يشجع تكوين العقد وتثبيت النتروجين. ولقد أثبتت الدراسات باستخدام النتروجين ^{15}N أن هناك علاقة عكسية بين معدل تثبيت النتروجين ومستوى النتروجين المعدنى فى التربة، ويفترض أن النبات البقولى عندما يمتص نتروجين جاهز من التربة فإن النمو الخضرى يزداد وتتجه أغلب الكربوهيدرات إلى عملية إنتاج أنسجة خضرية جديدة وبالتالى تقل الكربوهيدرات التى تصل إلى العقد فيقل حجمها ومعدل تثبيت النتروجين الجوى.

ثانياً: الميكروبات المثبتة لأزوت الهواء الجوى ومنفردة المعيشة فى التربة (لاتكافلية):

Free living nitrogen fixing organisms in soil

البكتريا الهتروتروفية Heterotrophs

أ ـ البكتريا الهوائية Aerobic

١ ـ الأزوتوباكتر Azotobacter

تثبت هذه البكتريا نتروجين الهواء الجوى هوائياً أى يشترط وجود الأكسجين لنموها ويوصف الأزوتوباكتر بالآتى : الميكروبات كبيرة الحجم بالنسبة لميكروبات التربة الأخرى ويتراوح طولها من ٥-٧ ميكروميتر وعرضها بين ٣-٤ ميكروميتر ، وشكل الميكروب شبه كروى أو بيضى أو عصوى أحياناً، ويوجد فردياً أو فى أزواج وتحتوى خليته فى بعض الأحيان على جسم يشبه الفجوة ، ويأخذ شكل علبة مخاطية ، وقد يرى الميكروب بأشكال غير منتظمة.

والنوع الذى يغلب وجوده فى معظم الأراضى هو ميكروب *A.chroococcum* والأزوتوباكتر لا يستطيع أن يحلل السليلوز أو المواد العضوية المعقدة بالتربة الزراعية لذلك فإنه كثيراً ما يحصل على الطاقة اللازمة بالمعيشة التعاونية مع ميكروبات التربة الأخرى التى تحلل هذه المواد، وتنتج السكريات والأحماض العضوية وغيرها والتى تستعمل كمصدر للطاقة وتستطيع بذلك أن تثبت الآزوت الجوى بالتربة،وهناك أهمية كبيرة لعنصر الفوسفور مع الأزوتوباكتر وكذلك درجة حموضة التربة حيث تفضل هذه البكتريا الأراضى التى تميل للقلوية ، بينما الأراضى الحامضية (ذات pH منخفض) فإنها تقتلها.

٢ ـ الكليبسيلا: Klebsilla pneumoniae

هذا الميكروب له القدرة على تثبيت النتروجين الجوى تحت الظروف الهوائية واللاهوائية حيث إنه اختيارى من حيث الهواء ويستخدم هذا الميكروب لإجراء الدراسات الوراثية الخاصة بتثبيت النتروجين حيث إنه يعتبر ميكروب نموذجى فى هذه النواحى وذلك لارتفاع محتواه من

القواعد النتروجينية (جوانين وسيتوزين) فى الـ DNA ولتعدد المصادر النتروجينية التى يمكن أن يستخدمها وكذلك لإمكان عمل طفرات عديدة مناسبة منه ولسهولة نقل العوامل الوراثية إليه.

٣ - الأزوسبيريللام: *Azospirillum*

ينتشر هذا الميكروب فى الأراضى المنزرعة بمحاصيل الحبوب ويتواجد بأعداد وفيرة فى التربة المصرية، ويعتبر هذا الميكروب من أهم الميكروبات المثبتة للنتروجين فى المناطق الاستوائية وهو يثبت النتروجين فى الحالة الحرة أو بالتعاون مع جذور النباتات مثل نبات الذرة حيث وجدت البكتريا على سطوح الجذور أو فى Middle lamella لخلايا الجذور، ويحتمل أنه يدخل إلى تلك المناطق بالجذر بمساعدة ما يفرزه من إنزيمات محللة للبكتين، ونظراً لمقدرة هذا الميكروب على تثبيت النتروجين الجوى فى الحالة الحرة أو بالتعاون مع الجذور فيطلق عليه تعبير مثبت للنتروجين نصف تكافلى Semi-Symbiotic N_2 fixer، ويثبت الميكروب النتروجين بكفاءة تقترب من كفاءة الأزوتوباكتر فهو يثبت بمعدل حوالى ٢٠ كجم ن/ فدان/ سنة، وتجرى الآن دراسات لإمكان استخدامه كلقاح يضاف للتربة خاصة فى محاصيل النجيليات كالذرة وذلك لزيادة مقدار النتروجين بالتربة، ولرفع المحصول، كما يمكن استخدامه بتلقيح التقاوى عند زراعتها، وذلك بعد تنمية الميكروب فى بيئة سائلة بها ١جم صمغ عربي كمادة لاصقة، وبعد النمو تصب البيئة على التقاوى فتلصق بها ومنها لقاحات السيريالين.

٤ - الدركسيا Derixa

تختلف الدركسيا مورفولوجياً عن الأزوتوباكتر والبيارنكيا، فخلاياه عصوية غير متجرثمة سالبة لصبغه جرام هوائية حتماً - الخلايا المسنة تظهر بها فجوات عديدة، يعيش فى رقم أيدروجينى من ٥-٩، وقد تصل كمية ما تثبته من نتروجين إلى ٢٥ مليجرام لكل جرام سكر ممثل.

٥ - البيارنكيا Beijernchia

البيارنكيا تنتشر على نطاق واسع فى الأراضى الحامضية والمناطق الاستوائية، ونادراً ما يلاحظ وجودها بأراضى المناطق تحت الاستوائية بعكس الأزوتوباكتر ولا يعرف على وجه التحديد السبب فى هذا، إذا أن درجة الحرارة المثلى للجنسين تكاد تكون متساوية، علاوة على أن البيارنكيا تستطيع أن تتحمل نطاق واسع من الحموضة، فيمكن أن تعيش فى الأراضى ذات الحموضة العالية. ولقد عزلت سلالات منها بالهند وأندونسيا وبورما وأمريكا الجنوبية وأستراليا، ومن المناطق الاستوائية فى أفريقيا، وقد لوحظ أن النباتات وحيدة الفلقة- خاصة قصب السكر – تشجع من تكاثرها فى منطقة الريزوسفير. ومن الأنواع التابعة لهذا الجنس *B.indica & B.mobilis* وقدرتها على التثبيت كبيرة حيث تصل إلى ٢٠ مليجرام لكل جرام سكر.

٦ - الأزوموناس Azomonans

قد تفرز خلاياه أو لا تفرز صبغات ذائبة فى الماء ، والأنواع التى يتضمنها هذا الجنس لا تكون حويصلات ولا تحلل البروتينات، هوائية تنمو فى درجات pH ما بين ٤-٩ ، منه أنواع توجد فى التربة الزراعية أساساً مثل (*A. macrocytogenes*).

٧ - بعض الميكروبات الأخرى مثل Enterobacter , Arthrobacter, Bacillus polymyxa

وغيرها. ولكنها ضعيفة التثبيت ولا تتعدى ٥ مليجرام نتروجين لكل جرام سكر ممثل.

ب - البكتريا غير الهوائية Anaerobic المثبتة للأزوت الجوى

١ - الكلوستريديوم : Clostridium

حيث يمكنها المعيشة فى الأراضى الحامضية التأثير بعكس الأزوتوباكتر ولكن كمية الأزوت التى تثبتها أقل من الأزوتوباكتر. وتوجد هذه الميكروبات بأعداد كبيرة فى الأراضى

المصرية وتوجد بكميات كبيرة فى الأراضى الغدقة والأراضى المنزرعة أرزاً.

ثالثاً: البكتريا الممثلة للضوء Phototrophic bacteria

قسم برجى (١٩٨٤) هذا النوع من البكتريا التى تثبت النتروجين إلى قسمين رئيسيين:

١- البكتريا الممثلة للضوء الأكسجينية

Oxygenic phototrophic bacteria

هى التى يطلق عليها الطحالب الخضراء المزرقة وتقوم بعملية التمثيل الضوئى بطريقة تشبه النباتات الراقية ويخرج منها أكسجين من عملية التمثيل الضوئى. إن الطحالب الخضراء المزرقة تعتبر من الكائنات المثبتة للنتروجين والتى لها القدرة على التمثيل الضوئى مثل النباتات الراقية ، وتستعمل الماء كمعطى نهائى للإلكترونات ومنتجة O_2 أثناء العملية. وفى موسم الأرز تثبت هذه الطحالب من ١٠-٢٥ كجم أزوت/ فدان، ولقد وجد أن حوالى ٣٠٪ من الأزوت المثبت بالطحالب ينساب إلى الوسط الخارجى فى صورة أحماض أمينية أهمها الجلوتاميك والأسبارتيك ثم اللانين، كما وقد ينساب النتروجين المثبت فى صورة أمونيا.

ويتم حالياً إنتاج طحالب خضراء مزرقة ذات كفاءة عالية فى تثبيت الأزوت، لاستخدامها كلقاح للأرض المنزرعة أرزاً، مما سيوفر ثلث احتياجات الأرز على الأقل من السماد الأزوتى المعدنى.

وبالإضافة إلى قدرة الطحالب الخضراء المزرقة على تثبيت آزوت الهواء الجوى، فإنها تفرز مجموعة من العوامل المساعدة على النمو مثل IAA وفيتامينات مثل B_{12} وحمض الأسكوربيك مما يؤدى إلى زيادة إنتاج المحصول المنزرع.

وتستخدم الطحالب الخضراء المزرقة فى الأراضى المزروعة أرزاً فى بعض البلاد كما فى الهند وذلك لمعالجة الأراضى القلوية التى يصل فيها pH إلى ٩,٥ أو أكثر، حيث تستعمل تلك الطحالب أيون الكربونات كمصدر كربونى لبناء أجسامها، ومن تلك الطحالب المستعملة

جنسي *Hapalosiphon &Westiellopsis*.

كما تجرى الآن تجارب لإنتاج سلالات من الطحالب الخضراء المزرقة المثبتة للآزوت تكون خالية من إنزيم glutamine synthetase فلا يتحول الأزوت المثبت بأجسامها فى صورة أمونيا إلى أحماض أمينية، وبذا تنساب تلك الأمونيا خارج الخلايا إلى البيئة حيث يمكن استخدامها فى بعض الصناعات مثل صناعة المخصبات، وبذلك يستفاد من الطاقة الشمسية بطريقة بيولوجية فى إنتاج الأسمدة.

ويوجد من تلك الطحالب أكثر من ٦٠ نوعاً لها القدرة على تثبيت النتروجين. وتقوم الطحالب الخضراء المزرقة التى أهمها جنسى *Nostoc & Anabaena* بتثبيت النتروجين بدرجة عالية إلا أنها تحتاج إلى إضاءة قوية وثانى أكسيد الكربون لكى تثبت النتروجين فى البيئة الصناعية وهذه الميكروبات يمكن اعتبارها أنها تعيش على الهواء الجوى أساساً من حيث تغذيتها Living on air فهى هوائية وتستعمل CO_2 الجو كمصدر للكربون، والنتروجين الجوى لتكوين البروتين. ويستطيع الطحلب *Nostoc* أن يثبت ١٠ مليجرام نتروجين فى ٤٥ يومًا ، ١٨ مليجرام فى ٨٥ يومًا لكل ١٠٠ سم٣ من البيئة.

٢ - البكتريا الممثلة للضوء غير الأكسجينية:

Anoxygenic phototrophic bacteria

تقوم هذه البكتريا بالتمثيل الضوئى تحت الظروف اللاهوائية ولكن لا ينطلق أكسجين O_2 من التمثيل الضوئى وتستخدم CO_2 والضوء كمصادر للكربون والطاقة، ولذلك فإن قيامها بتثبيت النتروجين لا يحتاج لمادة عضوية كمصدر للطاقة وهى قليلة الأهمية فى الأراضى العادية ، ولكنها يمكن أن تلعب دوراً مهماً فى البحيرات والينابيع الكبريتية ومقدار ما تثبته هذه الميكروبات من نتروجين لم يمكن تقديره بدقة حتى الآن.

وتتضمن ثلاث مجموعات وهى كمايلى:

أ- البكتريا الأرجوانية غير الكبريتية non-sulfur purple bacteria ويتبعها أجناس: *Rhodo-pseuomonans*, *Rhodomicrobium*, *Rhodospirillum*, *capsulatum*.

ب- البكتريا الأرجوانية الكبريتية Purple sulfur bacteria ويتبعها أجناس : *Chromatium* & *Ectothiorhodospira*

جـ- البكتريا الخضراء الكبريتية Green sulfur bacteria ويتبعها جنس: Chlorobium.

رابعاً: دور التسميد الحيوى فى تيسير الفوسفور:

Role of biofertilization in availability of phosphorus.

١ - فطريات الميكوريزا: Vesicular Arbuscular Mycorrhiza (VAM)

وجدت جراثيم هذه الفطريات مع نيماتودا مفصولة من تربة زراعية وذلك فى بداية الستينات وهى تمثل تعاوناً ممتازاً بين هذه الفطريات وجذور بعض النباتات الراقية، وقد لوحظ ضعف فى أشجار الغابات التى تعتمد على هذه الفطريات فى التغذية عندما غابت هذه الفطريات. وتأخذ هذه الفطريات الكربوهيدرات والأحماض الأمينية والفيتامينات من النبات العائل. وتزيد فطريات الميكوريزا من جهازية الفوسفور للنبات لإفرازها إنزيم الفوسفاتيز ، وحيث إن الأراضى المصرية مرتفعة الـ pH والتى تحتوى على كربونات كالسيوم فإنها تشجع على نمو هذه الفطريات، وهى تمثل وسيلة فعالة لتقليل تكاليف إضافة أسمدة فوسفاتية معدنية.

وعلاوة على أن فطريات الميكوريزا (VAM) تزيد من امتصاص النبات للفوسفات، كذلك فإنها تزيد من امتصاصه لعنصر الزنك كما لوحظ فى نباتات القمح والذرة المنزرعة فى أراضى فقيرة فى عنصر الزنك. كذلك فإن فطريات VAM تزيد من امتصاص النبات لبعض العناصر الأخرى مثل البوتاسيوم والنحاس والكبريت وبعض العناصر الثقيلة.

كما أوضحت دراسات العديد من العلماء أن هذه الميكروبات تفرز العديد من الأحماض

العضوية من بينها حمض الفورميك والخليك والبروبيونيك والستريك واللاكتيك والسكسينيك والجليكوليك، وأن هذه الأحماض قادرة على إذابة الفوسفات غير الذائبة، وأن الأحماض العضوية من النوع Alpha hydroxy acids أقدر من غيرها على إذابة الفوسفات، وعلى هذا الأساس فإنه ليس من المهم عند إذابة الفوسفات ما هيكمية الحامض المتكونة وإنما نوعية هذا الحامض. واللقاح الخاص بها يحتوى على جراثيم فطر الميكوريزا وله خاصية فسيولوجية تجعل النبات مقاوماً للأمراض والجفاف وتحسين خواص التربة وزيادة المحصول البقولى عند إضافتها مع لقاحات الريزوبيوم وذلك لزيادة صلاحية النتروجين والفوسفور.

٢ - الميكروبات المذيبة للفوسفات

Phosphate splubilizing microorganism.

الفسفوبكترين: Phosphobacterin

تحتوى الأراضى على عديد من البكتريا المنتمية لبعض الأجناس Bacillus Pseudomonas, Penicillium, Aspergillus ولها القدرة على تحويل الفوسفات (فوسفات الكالسيوم الثلاثية غير الذائبة) $Ca_3(PO_4)_2$ إلى صورة ذائبة يسهل امتصاصها بواسطة النبات وهى (الصورة الأحادية) H_2PO_4 حيث تفرز هذه الكائنات الأحماض العضوية مثل حمض الفورميك واللاكتيك والستريك والخليك وغيرها والتى تؤدى لخفض pH التربة مما يؤدى إلى إذابة الفوسفات في التربة ، كما أنها تنتج أحماضًا هيدروكسيلية تقوم بدور مخلبى لترسيب الكالسيوم والحديد من فوسفات الكالسيوم الثلاثية أو فوسفات الحديدوز غير الذائبة وبالتالى ينفرد عنصر الفوسفور فى صورة ذائبة.

لقد درست إمكانية الاستفادة من الميكروبات المذيبة للفوسفات سواء العضوية أو المعدنية فى زيادة جهازية الفوسفات فى التربة، وتعتبر الدراسات التى أجريت فى الاتحاد السوفيتى دراسات رائدة فى هذا المجال، ولقد أمكن نتيجة لهذه الدراسات تحضير لقاح بكترى له تأثير مشجع على نمو النباتات وإذابة الفوسفات غير القابلة للذوبان، ولقد أعطى هذه اللقاح

اسم Phosphobacterin، وهو عبارة عن سلالة بكترية لميكروب *Bacillus megatherium* *var. pHospHaticum* محمل على حامل من الكاولينايت Kaolinite أو على مادة عضوية، وأصبح هذا اللقاح يطبق على نطاق واسع فى مناطق كثيرة من جمهوريات الاتحاد السوفيتى (سابقاً) ويتم ذلك بتلقيح البذور أو جذور النباتات أو التربة.

الأسمدة الحيوية ذات الأهمية الاقتصادية على الإنتاج الزراعى:

هناك مخصبات يتم عزلها من الأرض ويتم تنميتها فى بيئة مناسبة ليتم تكاثرها ثم يتم إعادتها إلى الأرض مرة أخرى فى صورة لقاح مناسب ومنها:

أ - مخصبات حيوية تقوم بتثبيت النتروجين تكافليا.

١ - العقدين : Okadein

٢ - الأزولا : Azolla

والأزولا هى نوع من أنواع السرخسيات المائية وهى تمثل علاقة بين النباتات والطحالب المزرقة من حيث تبادل نواتج التمثيل الغذائى من نتروجين وكربوهيدرات – فنجد أن النبات والطحلب عبارة عن وحدة واحدة حيث يتم تثبيت النتروجين تكافلياً – ونجد أن الطحلب يعيش داخل ورقة الأزولا فى تجويف داخل الورقة ويعيش معيشة تكافلية ويكون فى شكل خيوط لزجة تملأ فجوات خاصة توجد على سطح الفص السفلى لورقة الأزولا وتستعمل الأزولا فى الأراضى المزروعة أرزاً وتعد بمثابة سماد أخضر ومصدر أزوتى – وعند تجفيف الأرز فإنها تموت وتتحلل وتخرج المركبات الكربونية والأزوتية للتربة مما يؤدى إلى تحسين خواصها وزيادة إنتاجيتها، وتكثر الأزولا فى البحيرات والحقول المغمورة بالماء وهى واسعة الانتشار، وقد بدأ استخدامها فى مصر عام ١٩٧٧ وذلك بتلقيحها على محصول الأرز باستخدام سلالات تم استيرادها من الخارج.

انتقال النتروجين المثبت من الطحلب إلى الأزولا:

فى غياب النتروجين المرتبط فإن الطحلب يقوم بإمداد الأزولا باحتياجاتها النتروجينية، ويتم ذلك أساساً على صورة أمونيا مع قليل من الأحماض الأمينية وتتحول الأمونيا إلى أحماض أمينية فى وجود الإنزيمات المتخصصة مثل:

Glutamine synthetase (GS), Glutamate amino transferase (GAT), Glutamate dehydrogenase (GDH).

ب - مخصبات حيوية تقوم بتثبيت النتروجين الجوى لاتكافلياً.

١ - لقاح الطحالب الخضراء المزرقة. ٢ - السيريالين.

٣ - الأزوتوباكترين.

وتم الحديث عنها كما سبق.

٤ - الريزوبكترين: Rhizobacterein

يعتبر الريزوبكترين مخصب حيوى ذو فاعلية لاحتوائه على الكائنات الحية الدقيقة المثبتة لنتروجين الهواء الجوى تكافليا ولاتكافلياً. وهذا يؤدى إلى تقليل التسميد النتروجينى للمحاصيل الملقحة بنسبة تتراوح بين ٢٥٪ للنباتات غير البقولية، ٨٥٪ للنباتات البقولية. هذا بالإضافة إلى تيسير امتصاص العناصر الغذائية الكبرى والصغرى الأخرى للنباتات، وزيادة مقاومة النبات لبعض أمراض الجذور. وهو مفيد لمحاصيل الحقل خاصة المحاصيل البقولية وأيضا محاصيل الخضر والفاكهة ونباتات الزينة. ويستخدم لقاح الريزوبكترين بنفس طريقة استخدام السيريالين سواء كان فى صورة اللقاح للتقاوى أو فى الصورة السائلة.

٥- الميكروبين : Microbein

يعتبر الميكروبين مخصب حيوى مركب يحتوى على مجموعة كبيرة من الكائنات الحية الدقيقة والتى تقوم بتثبيت أزوت الهواء الجوى لاتكافلياً وكذلك يحول الفوسفات وبعض العناصر

السمادية الصغرى إلى صورة صالحة لامتصاص النبات. كما أنه يزيد من نمو جذور النبات وقدرتها على امتصاص العناصر الغذائية. وهو مخصب عالى الكفاءة مع محاصيل الخضر وخاصة الشتلات حيث يهيئ لها بيئة جيدة لنموها وزيادة نسبة الإنبات فى الأرض ويساعد فى إنتاج نبات قوى، كما يستخدم أيضاً لكثير من محاصيل الحقل. ويقلل من معدلات إضافة الأسمدة الأزوتية والفوسفاتية والعناصر الصغرى بما لايقل عن ٢٥٪. ويستخدم لقاح الميكروبين بنفس طريقة استخدام السيريالين سواء أكان فى صورة اللقاح للتقاوى أو فى الصورة السائلة.

٦ ـ النتروبين: Nitrobein

يعتبر النتروبين مخصب حيوى أزوتى يحتوى على بكتريا مثبتة لأزوت الهواء الجوى لاتكافلياً. ويصلح لجميع أنواع الأراضى والمحاصيل المختلفة سواء كانت محاصيل حقل أو خضر أو فاكهة وهو يزيد من نمو المجموع الجذرى وبالتالى من كفاءة النباتات لامتصاص العناصر الغذائية من التربة ويرفع من خصوبة التربة حيث توفر عملية التلقيح بهذا المخصب الحيوى حوالى ٣٥٪ من الأسمدة الأزوتية الموصى بها. ويستخدم بنفس استخدام الأسمدة الحيوية السابقة.

جـ ـ مخصبات حيوية تيسر امتصاص عنصر الفوسفور

١ ـ لقاح الميكوريزا   ٢ ـ لقاح الفوسفورين.

لقاحات السيريالين:Cerealein

ويحتوى هذا المخصب على بكتريا *Azosperrillum* والتى تثبت النتروجين الجوى لاتكافلياً، كما تقوم هذه البكتريا بإفراز بعض المواد المنشطة لنمو النبات وبعض المضادات الحيوية. ويعمل هذا المخصب على زيادة المجموع الجذرى للنبات مما يزيد من كفاءة امتصاص النبات للعناصر الغذائية من الأرض، كما أنه يقلل من استخدام الأسمدة النتروجينية بحوالى ١٠-٢٥ ٪ من المعدلات السمادية المطلوبة وهو مفيد لكثير من المحاصيل الحقلية مثل القمح، الأرز، الشعير، الذرة، القطن، السمسم، دوار الشمس، قصب السكر، بنجر السكر. ويتم تلقيح

التقاوى بلقاح السيريالين قبل الزراعة مباشرة بمعدلات تختلف من محصول لآخر. ففى حالة الأرز يضاف اللقاح مع تقاوى المشتل وعند شتل الأرض المستديمة. هذا ويمكن إضافة لقاح السيريالين السائل أثناء الرى باستخدام طرق الرى الحديثة بمعدل ٤ لتر/ فدان على دفعتين الأولى مع رية المحاياة والثانية قبل الإزهار.

ومن أهم ما تقوم به المخصبات الحيوية لزيادة قدرة النبات على الاستفادة من الموارد الشحيحة فى التربة:

١ ـ زيادة كفاءة امتصاص النبات:

أ- تعمل المخصبات على زيادة المجموع الجذرى للنبات ، حيث تفرز بعض المواد المنشطة لنمو النبات والإنزيمات وبعض الفيتامينات مثل ب١٢ وبعض المضادات الحيوية على الميكروبات الضارة فى التربة مما يؤدى إلى زيادة كفاءة امتصاص الجذر للعناصر الغذائية الموجودة في التربة.

وقد ذكر ميتكيس وآخرون (١٩٩٦) أن التسميد الحيوى لمحصول القمح يزيد من كفاءة استخدام النتروجين بالإضافة إلى الاستجابة للتسميد النتروجينى .

ووجد رضوان (١٩٩٢) فى دراسة عن الشعير أن الميكوريزا أدت لزيادة كفاءة النبات على امتصاص الفوسفور من الأراضى الجيرية.

وقد ذكر عمر وباسيليوس (١٩٩٨) أن زيادة امتصاص بعض أصناف القمح بالسيريالين أدى إلى زيادة امتصاص العناصر المغذية بواسطة النبات ويمكن أن يرجع ذلك إلى الزيادة العامة فى حجم المجموع الجذرى .

ب- وتعمل أيضاً على زيادة قدرة النبات على تحمل الظروف غير الملائمة لنمو النبات مثل ارتفاع الحرارة- زيادة الأملاح في التربة.

جـ- وكذلك تؤدى إلى زيادة المحافظة على التوازن المائى والغذائى داخل النبات.

د- كما أن بعضها تعمل على زيادة مقاومة النبات لأمراض الجذور.

٢ - القضاء على مشكلة متبقيات الأسمدة الضارة (Residual effect) :

نجد أنه فى المحاصيل الناتجة من خلال تقليل إضافة الأسمدة النتروجنية بحوالى ٣٥ ٪ وكذلك الأسمدة الفوسفاتية والأسمدة البوتاسية يحدث انخفاض متبقيات الأسمدة علاوة على أنها تعتبر رخيصة الثمن وسهلة الإنتاج وتقلل من التلوث البيئى. فقد وجد بديوى وآخرون (١٩٩٧) أن التسميد الحيوى على محصول القمح يعوض ٣٠-٤٠٪ من النتروجين المعدنى الموصى به.

٣ - قلة التلوث فى التربة والبيئة: حيث ينتج عن استخدام الأسمدة المعدنية خاصة الأمونيا NH_3 أو اليوريا $(NH_4)_2CO$ أو النترات No_3^- تلوثاً فى التربة حيث تتسرب وتتجمع فى المياه الجوفية والتى يكون لها أثر سام على صحة الإنسان والنبات والحيوان.

٤ - تحسين خواص التربة الحيوية والفيزيائية: تقوم المخصبات الحيوية بتحسين فى خواص التربة الحيوية خاصةً الأراضى الحديثة أو المستصلحة والتى تكون فقيرة فى العناصر الغذائية، حيث تعمل على توفير الاحتياجات الغذائية من النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم وبعض العناصر الصغرى وبعض منظمات النمو.

٥ - إفراز الميكروبات العديد من المركبات أو الأحماض العضوية: مثل حمض الفورميك والستريك والخليك واللاكتيك والبروبيونيك والجليكوليك والسكسينيك وكذلك إنزيم الفوسفاتيز والتى تعمل على إذابة الفوسفات غير الذائبة فى صورة فوسفات الكالسيوم الثلاثية وتحويلها إلى صورة أحادية قابلة لأن يستفيد منها النبات. كما تعمل المكيوريزا على إفراز مركبات تساعد على توفير العناصر المعدنية ليمتصها الجذر (غازى الكركى ١٩٩٩)

٦ - تثبيت الأزوت الجوى تكافلياً مع جنس الريزوبيوم: تعتبر البقوليات من أهم النباتات التى يحدث لها تثبيت أزوت الهواء الجوى تكافلياً مع بكتريا من جنس الريزوبيوم حيث تغزو هذه البكتريا جذور النباتات البقولية وتكون عقداً بكترية عليه ثم تقوم بتثبيت

الأزوت الجوى تكافلياً. وتختلف كمية الأزوت المثبتة تكافلياً بواسطة البقوليات حسب نوع المحصول البقولى، كفاءة نوع الريزوبيوم فى تثبيت أزوت الهواء الجوى ، خصوبة التربة ، الظروف الجوية المحيطة ، الكيماويات فى صورة مبيدات والتى تضاف إلى التربة .

٧ ـ تثبيت النتروجين الجوى لاتكافلياً وإفراز عوامل مساعدة على النمو عن طريق الطحالب الخضراء المزرقة: الطحالب الخضراء المزرقة اللاتكافلية تقوم بتثبيت النتروجين بدرجة عالية وكذلك تقوم بإفراز عوامل مساعدة على النمو مثل IAA، حمض الاسكوربيك وفيتامين ب١٢. ويمكن أن تثبت فى موسم زراعة الأرز من ١٠-٢٥ كجم أزوت/ فدان وينساب حوالى ٣٠٪ من الأزوت المثبت بالطحالب إلى الوسط الخارجى فى صورة أحماض أمينية أهمها الجلوتاميك والإسبارتيك كما أنه قد ينساب النتروجين المثبت فى صورة أمونيا.

٨ ـ تعمل الطحالب الخضراء المزرقة على خفض pH التربة القلوية: حيث تستعمل هذه الطحالب أيون الكربونات كمصدر كربونى لبناء أجسامها عند pH أكبر من ٩ وبالتالى تستطيع النباتات النمو فى مثل هذه الأراضى.

٩ ـ زيادة معدل البناء الضوئى والتخزين الغذائى: تعمل الأسمدة الحيوية على زيادة معدل البناء الضوئى والتخزين الغذائى عن طريق إفراز بعض الهرمونات وبالتالى زيادة مكونات المحصول.

١٠ ـ نمو النباتات جيداً تحت ظروف بعض الإجهادات:

تم دراسة تأثير ملوحة التربة على كفاءة العلاقة ما بين نبات الشعير والميكروبات المصاحبة والتى قام بها جلال وآخرون (٢٠٠٣) فى تجارب أصص ووجدوا أن استخدام المخصبات الحيوية يجعل النباتات النامية تحت ظروف الإجهاد الملحى تنمو بصورة جيدة مجابهة لتلك الظروف البيئية القاسية.

ووجد عشوش وعبد المنعم (٢٠٠١) أن زيادة محصول الحبوب/ فدان لمحصول القمح والراجع للتسميد بالميكروبين + ٤٠ كجم أزوت / فدان يرجع إلى بعض الهرمونات التى أدت إلى زيادة امتصاص المغذيات من التربة ومعدل البناء الضوئى والتخزين الغذائى وذلك تحت ظروف التسميد المنخفض.

زيادة الكفاءة الوراثية للمعيشة مع ميكروبيات التربة.

أولاً: بكتريا تثبيت الأزوت الجوى ومعيشتها مع النباتات البقولية (تكافلياً):

تعيش بكتريا تثبيت أزوت الهواء الجوى فى العقد الجذرية للبقوليات وهى تتبع الجنس ريزوبيم *Rhizobium* الذى يوجد منه نحو ١٨ نوعاً متخصصاً على البقوليات، وقد يتعايش أكثر من نوع منها على محصول بقولى واحد، ونجد فى هذه الحالة اختلافاً بين تلك الأنواع فى مدى كفاءتها فى تثبيت أزوت الهواء الجوى.

كذلك تعرف سلالات من النوع البكترى الواحد تتفاوت فى مدى كفاءتها فى تثبيت آزوت الهواء الجوى. فقد وجد أن إحدى السلالات قد تعطى قدرة عالية على التثبيت فى أحد العوائل وقدرة أقل على عائل ثانى من نفس المجموعة (Alfalfa group) كما فى سلاله البكتريا *Rhizobium meliloti* المعزولة من البرسيم الحجازى حيث إنها لها القدرة على تكوين عقد جذرية مع نباتات المجموعة الواحدة مثل البرسيم الحجازى والحندقوق والحلبة والنفل إلا أن البكتريا التى تعزل من العقد الموجودة على جذور البرسيم الحجازى تقوم بتثبيت أزوت بكمية كبيرة إذا ما تم تلقيحها ببرسيم حجازى آخر عن بقية النباتات الداخلة معه فى نفس المجموعة.

بل وأن هناك تخصصاً أبعد من ذلك حيث وجد أن سلالة واحدة من البكتريا العقدية الخاصة بالبرسيم قد تكون أقدر على القيام بتمثيل الأزوت عن سلالة أخرى من نفس النوع عندما تشترك مع تركيب وراثى معين من محصول البرسيم.

وعند زراعة أرض معينة بمحصول بقولى لمدة طويلة مثل البرسيم المصرى فنجد أن

المحصول يقل وتصبح النباتات ضعيفه وذلك لتأثير البكتريوفاج على البكتريا المتخصصة مما يؤدى لقلة عدد البكتريا المثبتة للأزوت الجوى وبالتالى يؤثر على عملية تثبيت النتروجين.

كما تعرف عديد من سلالات من النباتات البقولية المختلفة غير قادرة على المعيشة تعاونياً مع بكتريا العقد الجذرية. ويحدث ذلك نتيجة لعدم قدرة البكتريا على إصابة النبات البقولى، فلا تتكون أية عقد جذرية وقد يرجع ذلك إلى السرعة التى تتحلل بها العقد الجذرية حيث إن السلالات غير الفعالة تتحلل عقدها بسرعة عقب تكوينها بخلاف السلالات الفعالة التى تستمر عقدها لفترة طويله والتى تقوم فيها بتثبيت كميات كبيرة من النتروجين قبل تحللها. ويتحكم فى هذه الصفة جينات متنحية. وقد تحدث الإصابة فى بعض السلالات البقولية، ولكنها لا تكتمل ، ولا تتكون العقد الجذرية وذلك بسبب وجود عوائق أمام أى من خطوات تلك العملية. ويتحكم فى هذه الصفة فى مختلف البقوليات – جينات سائدة أو متنحية وقد تتأثر بجينات محورة (عن Miller وآخرون ١٩٨٦). وقد وجد فى عديد من الحالات أن عدم قدرة بكتريا العقد الجذرية (من جنس الريزوبيم) على تكوين تلك العقد (فى سلالات معينة من النباتات البقولية) يرجع ذلك إلى مقاومة العائل لهذه البكتريا، ولذا يفيد انتخاب سلالات أكثر ضراوة من البكتريا ، من مناطق مختلفة من العالم ليمكنها إصابة جذور البقوليات المقاومة، وخاصة فى المناطق المستصلحة حديثاً .

كذلك توجد تراكيب وراثية من المحاصيل المختلفة تستجيب للتلقيح البكترى وأخرى لا تستجيب.

فقد وجد عشوش وعبد المنعم أن هناك اختلافا بين أصناف القمح للاستجابة للتلقيح بالميكروبين.

ثانياً: فطريات مذيبة للفوسفات غير الذائبة

تعمل هذه الفطريات على زيادة كفاءة إذابة الفوسفات غير الذائبة فى التربة (فوسفات الكالسيوم الثلاثية) $Ca_3(PO_4)_2$ وتحويلها إلى صورة يسهل امتصاصها للعائل (فوسفات

الكالسيوم الأحادية) $CaHPO_4$ مما يؤدى لترشيد استخدام الأسمدة الفوسفاتية.

لذلك يهتم مربو النبات باستنباط تراكيب وراثية جديدة لها القدرة على التعايش مع هذه الفطريات ، حيث وجد القلا وآخرون (٢٠٠٢) على بعض أصناف القمح أن هناك بعض الأصناف تستجيب للتسميد الحيوى عن الأصناف الأخرى (سريالين + فوسفورين).

وقد ذكر الغندور وآخرون (٢٠٠٣) فى دراسة عن نمو وإنتاج الحمص لتقييم تأثير الأسمدة الحيوية (فطر الميكوريزا وبكتريا الريزوبيوم) أن العدوى بالميكوريزا أدت إلى زيادة عدد العقد الجذرية وبالتالى امتصاص الأزوت الجوى.

وأوضح عوقة وآخرون (١٩٩٦) فى دراسة تم إجراؤها على دور البكتريا المذيبة للفوسفات والسليكات فى تحولات بعض المغذيات الكبرى والصغرى والتأثير المشترك لهذه البكتريا والأزوتوباكتر على نمو النبات وامتصاص الغذاء إلى وجود زيادة معنوية فى نمو النبات وامتصاصها لعناصر الفسفور والبوتاسيوم والنتروجين من التربة . وأوضحت النتائج أنه يمكن استخدام خليط من هذه اللقاحات لخفض كمية الأسمدة المعدنية والاستعاضة عن جزء منها باللقاح المستخدم.

وراثة القدرة على المعيشة التعاونية للنبات مع بكتريا العقد الجذرية وميكروبات التربة

نتناول هذا الموضوع بالدراسة من خلال استعراضنا للتباينات الوراثية لتلك الصفة فى عدد من الأنواع النباتية كمايلى:

١- تختلف الطحالب المزرقة فيما بينها فتحتاج الطحالب الخضراء المزرقة الأشعة الشمسية مما يؤدى إلى حتمية وجودها على سطح الأرض ولكن عند زراعة الأرز تكون الأرض مغمورة بالماء، لذلك تعتبر الطحالب الخضراء المزرقة الخيطية هى المناسبة. فقد تم إنتاج طحالب خضراء مزرقة ذات كفاءة عالية فى تثبيت الأزوت الجوى لاستخدامها كلقاح للأرض

المنزرعة أرزاً ويتم توفير ثلث احتياجات الأرز من السماد الأزوتى المعدنى وهذه الطحالب تعيش لا تكافلياً مع النبات- كما أنها تخفض الـ pH المرتفع (فى الأراضى القلوية) حيث تستخدم أيون الكربونات كمصدر كربونى فى بناء أجسامها، وتفرز عوامل مساعدة على النمو مثل IAA، فيتامين ب١٢، حمض الاسكوربيك مما يؤدى إلى زيادة المحصول المنزرع.

٢- وجد أن نباتات عشيرة عادية من البرسيم الأحمر Red Clover كانت خالية من العقد الجذرية ، وتبين أن تلك الصفة يتحكم فيها عامل وراثى واحد متنحى مع عامل سيتوبلازمى، وكان هذا الجين مرتبطاً بجين آخر مسئول عن ضعف نمو النباتات واصفرارها.

٣- اكتشفت سلالة من فول الصويا غير قادرة على تكوين عقد جذرية ، وتبين أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنحى ، ولم تكن مقاومة هذه السلالة للبكتريا تامة، ففى بعض الظروف البيئية تمكنت بعض سلالات البكتريا من تكوين عدد قليل من العقد الجذرية، وبإنتاج عديد من السلالات ذات الأصول الوراثية المتشابهة من أصناف فول الصويا التى تختلف فقط فى هذا الجين فقد أمكن دراسة مدى تأثير عملية تثبيت آزوت الهواء الجوى على فول الصويا تحت ظروف الحقل.

٤- لوحظ ضعف النباتات عند غياب فطر الميكوريزا مما يؤدى إلى تلقيح النباتات بهذه الفطريات لأنها تمثل حالة فريدة بينها وبين بعض النباتات الراقية حيث نجد أن فطريات الميكوريزا تخترق جذور كثير من النجيليات والبقوليات وتدخل إلى داخل الخلايا وتتكاثر فيها وقد يوجد بعضها خارج الجذر وتمتد فى التربة فتعمل تفرعات شجيرية وأوعية وتقوم التفرعات الشجيرية بتبادل المواد الغذائية بين الفطر والعائل (الكربوهيدرات – الأحماض الأمينية من النبات للفطر) ، (والفوسفات والعناصر المعدنية من الفطر للنبات) – أما الهيفات الموجودة في التربة والمتصلة بجذر النبات وبعيدة عن الجذور فإنها تعمل كشبكة إضافية من الشعيرات الجذرية وتؤدى إلى نقل العناصر الغذائية من التربة إلى التفرعات

الشجيرية للفطر داخل قشرة جذر العائل ومنها إلى أجزاء النبات المختلفة – لذا فإن مربى النبات يجب أن يقوموا بالعمل مع منتجى المخصبات مثل المركز القومى للبحوث ومعهد بحوث الأراضى والمياه والبيئة بمركز البحوث الزراعية بتنمية أنواع معينة من هذه الميكروبات على جذور النباتات البقولية المثبتة للأزوت ليصبح هناك فائدة مزدوجة من تثبيت الأزوت وإمداد النبات بمايلزمه من فوسفور، حيث إن فطريات الميكوريزا تتعايش مع جذور معظم النباتات المغطاة البذور خاصة البقوليات والنجيليات.

وهناك بعض البحوث التى أجريت فى هذا المجال حيث وجد الغندور وآخرون (٢٠٠٣) أن العدوى بالميكوريزا زادت من عدد العقد الجذرية على نبات الحمص وبالتالى امتصاص الأزوت الجوى (التلقيح المزدوج) وكان تثبيت الأزوت الجوى كبيراً.

فقد وجد أبو خضرة ومحمد (٢٠٠٢) أن التلقيح بالريزوبيوم بمفرده أو مع فطر الميكوريزا أو الفوسفورين كان له أثر فعال على زيادة محصول البذور ومكوناته ومحتوى البروتين فى بذور الفول البلدى.

٥- وجدت فى بعض أنواع البرسيم تباينات وراثية كبيرة فى موعد ظهور العقد الجذرية علماً بأن ظهورها مبكراً يزيد من فرصة النبات من الاستفادة من الأزوت المثبت. ويستدل من الدراسات الوراثية على أن هذه الصفة كمية.

٦- اكتشفت صفة متنحية فى الفول الرومى، تجعل النبات غير قادر على المعيشة مع بكتريا العقد الجذرية *R.leguminosarum* المتخصصة على الفول الرومى حيث تكون جذور هذه النباتات خالية تماماً من العقد الجذرية التى تعيش فيها البكتريا، ويمكن تمييزها بأن نباتاتها تبدو صفراء اللون بعد استكمالها لمرحلة نمو الورقة الحقيقية الثالثة.

طبيعة القدرة على المعيشة تعاونياً مع بكتريا العقد الجذرية

أوضحت دراسات التطعيم أن العقد الجذرية يتحكم فيها الأصل من خلال قابليتها للإصابة ببكتريا العقد الجذرية . كذلك يتحكم الأصل فى عدد العقد الجذرية المتكونة. أما قوة نمو هذه العقد ووزنها الطازج فإنها يتأثران بالوزن الجاف والنشاط البنائى للطعم، حيث توقفا على كمية الغذاء المتوفر في الأجزاء الهوائية للنبات (عن Miller وآخرين ١٩٨٧) .

استخدامات الهندسة الوراثية فى مجال التربية لزيادة كفاءة المعيشة التعاونية

فى مجال التربية لزيادة الاستفادة من بكتريا الجنس رايزوبيم التى تقوم بتثبيت أزوت الهواء الجوى فى جذور البقوليات فإن دراسات الهندسة الوراثية تأخذ ثلاثة مسارات وذلك كما ذكرها Dodds (١٩٨٥).

١ - زيادة كفاءة البكتريا فى تثبيت أزوت الهواء الجوى.

٢- نقل الجينات المسئولة عن تثبيت أزوت الهواء الجوى من البكتريا إلى النباتات مباشرة.

٣- نقل الجينات المسئولة عن تقبل النباتات البقولية للإصابة بالبكتريا إلى نباتات أخرى غير بقولية.

أولاً: بعض نتائج البحوث التطبيقية على الزراعة تحت ظروف الموارد الشحيحة (نقص العناصر)

١ ـ الطماطم

وجدت طفرة للجذر القطنى Cottony root عندما كان يتم تقييم عدد من سلالات من الطماطم للكفاءة العالية فى امتصاص عنصر الفوسفور – ووجدت هذه الطفرة فى السلالة P.I.121665 حيث إنه من مميزاتها أنها كانت تحتوى على عدد كبير جداً من الشعيرات الجذرية إضافة إلى كفاءتها العالية فى امتصاص عنصر الفوسفور وأن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنحى crt. وذلك كما ذكره Hochmuth وآخرون (١٩٨٥).

٢ ـ الذرة:

عند دراسة ثلاث سلالات من الذرة مرباة داخلياً ، وجدت اختلافات فى صفة القدرة على امتصاص أيون الكبريتات، كما ظهرت قوة الهجين لهذه الصفة فى بعض الهجن.

واتضح أن تراكم عنصر الكالسيوم فى الذرة يتحكم فيه عدة جينات ذات تأثير إضافى (Additive genes) وكذلك اتضح أن هناك تأثيراً جينياً إضافياً فى تركيز كل من الفوسفور، والبوتاسيوم، والماغنسيوم، والنحاس ، والبورون، والزنك ، والمنجنيز ، والألومنيوم ، والحديد فى كيزان الذرة. ووجدت كذلك اختلافات وراثية فى امتصاص وتراكم الفوسفور فى النبات فى كل من المحاليل المغذية والحقل. وتوضح الدراسات إمكانية إنتاج هجن من الذرة أكثر قدرة على امتصاص الزنك من الأراضى التى تؤدى فيها زيادة التسميد الفوسفاتى إلى ظهور أعراض نقص الزنك.

وقد وجد Yoshiharu wada and Genshichi wada, (1991) أن هناك علاقة ارتباط معنوية بين حجم الكوز وكمية النتروجين المنتقلة من الأوراق إلى النورات وبين النقص فى المساحة الورقية وكمية النتروجين المنتقلة من الأوراق للنورات – لذلك فإن النقص فى المساحة الورقية أثناء فترة النضج يتعلق أساساً بكمية النتروجين Remobilized من الأوراق إلى النورات

والتى تأثرت احتياجات النتروجين لامتلاء الحبوب وكمية النتروجين الممتص أثناء هذه الفترة .

ذكر Akintude وآخرون (١٩٩٣)، Oikeh وآخرون (١٩٩٦) أن هناك اختلافات للهجن عن الأصناف مفتوحة التلقيح وذلك لكفاءة استخدام النتروجين وقد وجدوا أن النتائج المتحصلة قد أظهرت أن الهجن غالباً تكون أكثر كفاءة عن الأصناف المفتوحة فى استخدام النتروجين. وأن هذا المستوى العالى نسبياً لكفاءة استخدام النتروجين عن الأصناف المفتوحة يمكن أن يرجع إلى حد ما إلى نشاط هذه الهجن may be due in pat to the vigon generally إن نشاط الهجن قد وضح أنه نتيجة للنشاط المتميز لهجن معينة بالمقارنة بالآباء.

أوضح Lafitte and Edmeades (١٩٩٤) أن استخدام دليل للصفات التى شملت الحصول على محصول عالٍ تحت ظروف التسميد المنخفض والعالى والصفات الثانوية للمحصول التى يمكن الانتخاب لها تحت ظروف التسميد المنخفض مثل التركيز العالى للكلورفيل فى وحدة مساحة أوراق الكوز وبطء شيخوخة الأوراق Slow leave senescence وزيادة ارتفاع النبات.

وجد MC Cullough وآخرون (b ١٩٩٤)أن هجين بايونير ٣٩٠٢ كان أعلى فى كفاءة استخدام النتروجين تحت ظروف التسميد المنخفض وقد صاحب ذلك ارتفاع فى النتروجين الممتص والمحتوى العالى لنتروجين الورقة بوحدة المساحة الورقية High N uptake and a higher leaf N content

ووجد Hong (١٩٩٦) أن بعض عشائر Guizhov المحلية من الذرة كانت أكثر تحملاً لخصوبة التربة المنخفضة.

وأثبت Kling وآخرون (١٩٩٦) أن هناك اختلافات فى تسعة أصناف مفتوحة التلقيح من الذرة وهجين تجارى للنتروجين الممتص ، تركيز النتروجين فى الحبوب ، دليل الحصاد ، كفاءة النتروجين المستخدم ، وأن الهجين أعطى محصولاً عالياً ولكن كان محتوى نتروجين الحبوب أقل بكثير من الأصناف المفتوحة الأخرى التى كانت تحتوى على تركيز عالٍ من

النتروجين وذلك عند مستوى صفر كجم نتروجين.

ولقد وجد Van Beem and Smith (١٩٩٦) أن هناك اختلافاً لكفاءة استخدام النتروجين فى التربة (NUE) تحت ظروف التسميد المنخفض فى التراكيب الوراثية لمحصول الذرة.

إن استمرار امتصاص النبات للنتروجين يمكن أن يصاحبه التحسين لصفة عدد الأوراق الخضراء / نبات (stay green) للهجن الحديثة (Duvick, 1996) مثل المحافظة على أن تكون الأوراق السفلية فى حالة نشطة ، حيث إنها ضرورية ومهمة لاستمرار امتصاص النتروجين أثناء فترة ما بعد التزهير ويمكن أن تبدو كمخزون من النتروجين الممتص أثناء امتلاء الحبوب (Edmeades *et al.*,1997).

قام Bertin وآخرون (١٩٩٧) فى فرنسا بتقييم ١٠٠ سلالة نقية للذرة تحت ظروف تسميد عادى وعدم التسميد وقاموا بدراسة كفاءة استخدام النتروجين والصفات الكمية فى الاختلاف الوراثى لكفاءة النتروجين المستخدم. وفى حالة غياب التسميد الأزوتى فقد وجدوا أن الصفات التى كانت أكثر حساسية لنقص النتروجين هى صفة الشيخوخة السريعة للأوراق والمسافة بين تكوين النورة المذكرة والمؤنثة.

درس Elings وآخرون (١٩٩٧) كلاً من الظروف البيئية والفسيولوجية عند التربية للموارد الشحيحة (نقص النتروجين والجفاف) فى محصول الذرة وقد وجدوا أن نتائج الانتخاب لتحسين كفاءة استخدام النتروجين أو التحمل للبيئات التى تحتوى على نتروجين منخفض ما زالت محدودة. إنه من الممكن الانتخاب لزيادة المحصول تحت ظروف النتروجين والماء فى بيئات النمو المحدودة وربطها بالمحافظة أو بتحسين المحصول تحت ظروف النمو الأفضل.

وجد Lafitte وآخرون (١٩٩٧) أن هناك اختلافات معنوية فى أصناف الذرة فى محصول الحبوب – امتصاص النتروجين الكلى ، النسبة المئوية لنتروجين الحبوب، محصول الحبوب ودليل

الحصاد بالنسبة للأصناف الموجودة، وقد وجدوا أن الأصناف المبكرة كانت أقل تأثراً بنقص النتروجين. إن تحسين الهجن والسلالات المبكرة التى ستعطى محصولاً جيداً تحت ظروف النتروجين المنخفض يجب أن ترتبط مع تركيزات قليلة من النتروجين فى الحبوب ومحصول العلف. إن تحسين التراكيب الوراثية المبكرة والمتأخرة تمتلك أكبر دليل لمساحة أوراق الكوز ومحصول أكبر تحت ظروف النتروجين المنخفض وذلك عن Land races.

أعزى Banziger وآخرون (١٩٩٧) الفجوة الواسعة بين المحصول المنخفض فى حقول المزارعين فى الدول النامية والمحاصيل التى أجريت فى محطات التجارب فى هذه الدول إلى الإجهاد غير الحيوى فى حقول المزارعين مثل الجفاف وخصوبة التربة المنخفضة.

Ma and Dwyer (١٩٩٨) أوضحا أن هجين بايونير ٣٩٠٢ ظلت أوراقه خضراء مما أدى إلى أن كفاءة استخدام النتروجين به كانت عالية وكان مصحوباً بزيادة أكثر من ٢٤٪ إنتاج مادة جافة وأكثر من ٢٠٪ من النتروجين الممتص N uptake أثناء امتلاء الحبوب لهذا الهجين وهذا يوضح أن المحافظة على إطالة المساحة الورقية الخضراء لزيادة التمثيل الضوئى أثناء امتلاء الحبوب والمقدرة على الامتصاص لتكون أكثر كفاءة فى استخدام النتروجين مقارنة بالهجين (برايده) الذى تعرضت أوراقه إلى الشيخوخة المبكرة.

وجد Akintoye وآخرون (١٩٩٩) أن كفاءة استخدام النتروجين لبعض التراكيب الوراثية المختلفة للذرة (٦ هجن فردية ، ٣ هجن زوجية وسلاله تركيبية) تحت ٤ مستويات مختلفة (صفر – ٢١٠ كجم نتروجين للهكتار) فى ثلاث مناطق مختلفة فى غرب أفريقيا- وقد أوضحت النتائج أن التراكيب الوراثية اختلفت كثيراً فى المحصول وفى قياسات تراكم النتروجين وأن معظم الهجن امتصت نفس الكميات من النتروجين ولكن أنتجت محاصيل مختلفة مع تراكم أكثر للنتروجين بعد التزهير مما أدى إلى أنها أنتجت محصولاً عالياً، وظهرت اختلافات أيضاً فى النتروجين الممتص والنتروجين المستخدم Utilization وكفاءة استخدام النتروجين وقد اختلفت التراكيب الوراثية فى استجابتها للتغير فى نتروجين التربة المتاح، واتضح إن الهجن كانت

أكثر كفاءة فى استخدام النتروجين عن السلالة التركيبية.

قام القلا وآخرون (٢٠٠١) بدراسة ١٨ هجينًا فرديًا تحت ظروف تسميد نتروجينى منخفض ٣٠ وحدة ، ٦٠ وحدة نتروجين / فدان وقد أوصت الدراسة بزراعة ٥ هجن تحت ظروف التسميد المنخفض (٣٠ كجم نتروجين/ فدان)، ٥ هجن أخرى تحت معدل ٦٠ كجم نتروجين/ فدان، وأمكن توفير ٩٠ أو ٦٠ كجم نتروجين/ فدان عند زراعة هذه الهجن مما يقلل من التلوث البيئى للتربة والمياه الجوفية وأيضاً تقليل تكاليف الإنتاج. كما ذكر أيضاً أن صفة كفاءة استخدام النتروجين تحت ظروف نقص النتروجين من الصفات المهمة التى يكون الانتخاب لها أكثر كفاءة وتأثيراً على صفة المحصول تحت ظروف نقص النتروجين، وأوضحت الدراسة أن صفات المحصول / نبات وكفاءة استخدام النتروجين سواء تحت ظروف نقص أو زيادة النتروجين صفات معقدة التوريث – ويلعب التأثير السيادى للجينات الدور الرئيسى فى توريث هذه الصفات ويمكن تحسين هذه الصفات من خلال برامج التهجين حيث يمكن الاستفادة من الجينات ذات التأثير السيادى فى إنتاج هجن عالية الإنتاج.

أجرى **رضوان** وآخرون (٢٠٠١) دراسة على تربية لتحمل الذرة الشامية للتسميد النتروجينى المنخفض ووجدوا أن كفاءة التوريث بمعناها الواسع أعلى تحت ظروف النتروجين المنخفض منها تحت ظروف النتروجين العالى فى معظم الصفات. وأظهرت النتائج أنه تحت ظروف نقص النتروجين فإن التحسين المتوقع من الانتخاب غير المباشر مقارنة بالمتوقع من الانتخاب المباشر كان عالياً لصفات كفاءة استخدام النتروجين ، عدد الحبوب/ نبات، عدد الأوراق / نبات، ونسبة الكلورفيل فى الموسم الأول وكفاءة استخدام النتروجين وارتفاع الكوز وقطر الكوز وعمق الحبة فى الموسم الثانى.

ودرس **رضوان** (٢٠٠٣) مدى الاختلافات الوراثية لاستجابة هجن الذرة (٤٨٨ هجينًا فى العام الأول ، ٢٩٦ هجينًا فى العام الثانى) للتسميد الأزوتى المنخفض (٦٠كجم نتروجين/ فدان). وقد كان هناك اختلافات معنوية بين الهجن فى غلة الحبوب للنبات وباقى

الصفات. وقد وجدوا أن ١٥ هجينًا تفوقوا على هجين فردى ١٠ كشاهد للمقارنة فى غلة الحبوب بمقدار ١٥-٣٩ ٪ ، وفى صفة أو أكثر من الصفات المرتبطة بغلة الحبوب، وقد أمكن اقتراح طراز وصفى Ideotype لنبات الذرة يمكن الانتخاب لمواصفاته لتحسين أداء الذرة تحت ظروف التسميد الأزوتى المنخفض وهذا الطراز يشتمل على : تفوق غلة الحبوب ، تبكير انتشار حبوب اللقاح وظهور الحراير مع قصر الفترة بينهما، كبر مساحة ورقة الكوز العلوى ، انخفاض موقع الكوز ، تفوق الوزن الجاف الكلى للنبات ، انخفاض وزن الحطب ، زيادة عدد الكيزان للنبات.

٣ ـ القمح

قام مربو النباتات بتربية محصول القمح على تحمل زيادة عنصر الألومنيوم فى التربة فى الأراضى شديدة الحموضة خاصة فى البرازيل وأمكن اكتشاف صنف Polyssu ومن هذا الصنف تم نقل صفة تحمل الألومنيوم العالى إلى الأصناف المنزرعة الأخرى دون تعديل pH التربة بإضافة الجير إليها.

وفى أمريكا أمكن استنباط بعض أصناف القمح مثل Thorne الذى يتحمل الألومنيوم المرتفع نتيجة للـpH الحامضى المرتفع وأنتج ٦٠-٨٠ ٪ من المحصول. حيث إنه فى الأراضى الحامضية نجد أن عنصر الألومنيوم يزيد تركيزه فى مثل هذه الأراضى وهذا العنصر يعتبر سام للنباتات وهو ليس من العناصر المغذية الضرورية لنمو النباتات ويمكن إجراء عملية الانتخاب بسهولة فى مزارع الأنسجة. ووجد أن جين واحد سائد يتحكم فى تحمل القمح لمثل هذه التركيزات العالية من الألومنيوم.

إن كفاءة استخدام النتروجين لمحاصيل الحبوب كان ٣٣٪ (Raun and Johanson 1999) وأن النباتات تفقد نتروجين ٥٢-٧٣٪ للنتروجين باستخدام N^{15}فى البحث الذى أجراه (Francis وآخرون ١٩٩٣).

ذكر **Gaver** وآخرون (١٩٩٢) أن هناك نقصاً فى كفاءة استخدام النتروجين فى القمح عند

زيادة معدلات النتروجين خاصة تحت ظروف الأرض الجافة. ولهذا فإنه فى الدول المتقدمة Developed يجب أن تخصص موارد مالية للبحث فى زيادة كفاءة استخدام النتروجين .

إن كفاءة استخدام النتروجين قد وضحت فى أصناف القمح والتى أعطت دليل حصاد عالى تحت مستوى منخفض من النتروجين Kanampiu وآخرون (١٩٩٧).

أجريت دراسة قام بها **عبد الغنى وعوض** (١٩٩٩) عن أقلمة بعض التراكيب الوراثية للقمح (١٢ تركيبة وراثية) لنقص النتروجين تحت ظروف الأراضى الجديدة (٧٠ كجم نتروجين/ هكتار، ٢٤٠ كجم نتروجين / هكتار) وتم تقسيم التراكيب الوراثية لأربع مجموعات على حسب دليل الاستجابة لمحصول الحبوب وهى:

١ - أكثر كفاءة واستجابة.
٢ - أكثر كفاءة وعديم الاستجابة.
٣- أقل كفاءة وأكثر استجابة.
٤ - أقل كفاءة واستجابة.

وتعتبر التراكيب الوراثية الموجودة فى المجموعة الأولى هى المفضلة لمربى النبات لقدرتها على الإنتاجية العالية سواء فى التسميد المنخفض أو المرتفع من الأزوت، ومن نتائج الدراسة أظهرت التراكيب الوراثية اختلافاً فى قدرتها على الاكتفاء من العناصر تحت ظروف نقص المحتوى الغذائى وبالتالى قدرة المربى على انتخاب التراكيب الوراثية وكذلك كفاءتها العالية للاستفادة من الأزوت المضاف إليها.

٤ ـ الشعير

أمكن استنباط صنفين شعير يتحملان التركيزات العالية من الألومنيوم مثل Smoth Awn86, Dayton . وتتميز الأصناف المتحملة للتركيزات العالية من الألومنيوم الميسر فى التربة بأن جذورها قادرة على إفراز مواد تعمل على رفع pH فى التربة المحيطة بالجذور مباشرة فيتم ترسيب الألومنيوم فيها، وكذلك اختلافها فى تركيب الغشاء البلازمى الخارجى لخلايا القمة النامية للجذور الذى يتحكم فى دخول الأيونات لخلايا الجذر.

٥ ـ فول الصويا:

أمكن التوصل عند إجراء برنامج تربية إلى إنتاج صنف فول الصويا (Weber)، وهذا الصنف يتميز بتحمله لنقص عنصر الحديد الذى يحدث فى الأراضى الجيرية.

٦ ـ الأرز:

عند إجراء برنامج تربية وذلك بهدف إنتاج سلالات عالية المحصول تتحمل قلوية التربة تم تقييم عدة آلاف من أصناف وسلالات الأرز لتحمل النمو فى مثل هذه الأراضى، وأمكن معرفة أفضل هذه الأصناف والسلالات وهى:- IR 4427-28-3-2-3-1 وIR 4227-10-4. كذلك أمكن التعرف على نحو ١٠٠ سلالة من الأرز تتحمل نقص عنصر الزنك، ووجد أن هناك اختلافات وراثية كبيرة بين السلالات فى تحمل نقص كل من عنصرى الفوسفور والزنك.

قام متولى وخميس (٢٠٠٣) بدراسة ادمصاص وانطلاق الأمونيوم فى الأراضى الملحية الصودية المعاملة بالجبس والمزروعة بالأرز ووجدا أن إضافة الجبس له تأثير واضح على سلوك ادمصاص وانطلاق أيون الأمونيوم فى هذه التربة يعزى إلى التنافس بين نشاط أيونات الكالسيوم المنطلقة إلى محلول التربة نتيجة ذوبان الجبس ونشاط أيونات الأمونيوم المضافة كسماد على احتلال مواقع التبادل الكاتيونى فى المعقد الغروى للتربة.

وجد Cho وآخرون (١٩٩٦) أن التغير الذى حدث فى امتصاص النتروجين تحت ظروف التسميد المنخفض أدى إلى زيادة لمعدل نمو المحصول ، معدل التمثيل الضوئى والتحكم الثغرى فى أثناء الظهيرة (منتصف النهار) وذلك فى محصول الأرز - وكانت الخصوبة ودليل الحصاد عالية تحت ظروف التسميد المنخفض وكذلك وزن الألف حبة وعدد السنيبلات فى النورة ، ولكن انخفض محصول الحبوب نتيجة لقلة عدد النورات فى وحدة المساحة ، وقد أدى التسميد المنخفض إلى زيادة معدل النتروجين الممتص.

٧ ـ الشوفان :

حدثت اختلافات وراثية كبيرة بين أصناف الشوفان وذلك فى مدى كفاءتها فى الاستفادة من المنجنيز الميسر لها فى التربة ، وقد تبين أن الأصناف العالية الكفاءة تتميز بارتفاع محتوى نمواتها القمية من عنصر الكالسيوم. وتم تفسير ذلك على أساس أن الكالسيوم يقوم فى الأصناف العالية الكفاءة فى الاستفادة من المنجنيز – بجزء من الدور الذى يقوم به المنجنيز، الأمر الذى يوفر هذا العنصر للتفاعلات الحيوية التى لا غنى عنه فيها.كذلك يتميز صنف الشوفان Cooker 227 بكفاءة أعلى فى الاستفادة من الحديد الميسر فى التربة عن الصنف TAM 0-312 ، وتبين أن الصنف الأول (الكفء) كان قادراً على اختزال أيون الحديديك إلى حديدوز على سطح الجذور، وأن محتواه من الكالسيوم كان أقل من محتوى الصنف الثانى (القليل الكفاءة). وقد اقترح أن الكالسيوم ينافس الحديد أو يثبط فعله فى الصنف TAM 0-312.

٨ ـ الذرة الرفيعة:

نباتات السورجم التي تنمو في الأراضي الحامضية ذات pH المنخفض. هذه الأراضي الحامضية لها تأثير سام على نمو النبات وعلى جذور النبات بسبب سيادة عنصر الألومنيوم. وقد وجد أن هناك تراكيب وراثية متباينة في درجة مقاومتها لسمية الألومنيوم في الأراضي الحامضية.

على ذلك فإن إنتاج الهجن باستغلال هذه التراكيب قد ساعد على إنتاج أصناف صالحة للأراضي الحامضية.

كما تم دراسة التراكيب الوراثية المتباينة في استجابتها لنقص عنصر الحديد في الأراضي التي ترتفع فيها pH وكذلك عنصر الفوسفور وأمكن إنتاج أصناف ملائمة لهذه النوعية من الأراضي.

ثانياً: بعض نتائج البحوث التطبيقية على الزراعة بإضافة الأسمدة الحيوية وتقليل إضافة الأسمدة المعدنية :

فى دراسة لـ **غازى الكركى** (١٩٩٩) والتى استهدفت التعرف على دور استخدام تكنولوجيا فطر الميكوريزا فى الزراعة : دور الفطر فى تخفيف الضغوطات البيئية حيث كانت أهم النتائج التى تحصل عليها أن الفطر يساعد النبات المعيل على تحسين قدرة النباتات على امتصاص العناصر الغذائية خاصة قليلة الحركة فى التربة. وزيادة مقدرة النبات العائل على تحمل ظروف الجفاف والملوحة وغيرها، وهذه التأثيرات الإيجابية للعلاقة ما بين الفطر والنبات العائل هى من خلال زيادة فعالية الجذر المصاب بالفطر على الامتصاص نتيجة زيادة مساحة الجذر المعرض للتربة من خلال هيفات الفطر المنتشرة على سطح الجذر، بالإضافة إلى أن هيفات الفطر تقوم بإفراز مركبات تساعد على توفير العناصر المعدنية ليقوم الجذر بامتصاصها وهذا كله يؤدى إلى التخفيف من أثر الضغوطات البيئية على النبات وبالتالى تحسين نموه وإنتاجيته تحت هذه الظروف.

الشعير

فى دراسة **لفتحى رضوان** (١٩٩٢) فى الصوبة الزجاجية حيث قام بزراعة الشعير فى تربة جيرية فى أصص لدراسة استجابته للمعاملة بفطر الميكوريزا *Glomus macrocarpium* والتسميد الفوسفاتى. ومعروف فى الأراضى الجيرية أنه ينخفض بها الفوسفور القابل للامتصاص. وقد زاد معنوياً ارتفاع النبات، طول الجذور، الوزن الجاف للسيقان والجذور، عدد الأفرع الحاملة للسنابل، عدد ووزن السنابل لنبات الشعير المعاملة بفطر الميكوريزا. كما زاد قدرة النبات على امتصاص الفوسفور واتضح ذلك فى زيادة محتوى النبات من الفوسفور.

ودرس جلال وآخرون (٢٠٠٣) تأثير ملوحة التربة على كفاءة العلاقة بين نبات الشعير والميكروبات المصاحبة وأوضحوا أن استخدام المخصبات الحيوية تساعد النباتات النامية أن تنمو بصورة جيدة تحت ظروف الإجهاد الملحى ومواجهة هذه الظروف البيئية السيئة.

القمح

قام **ميتكيس** وآخرون (١٩٩٦) بإجراء تجربة لدراسة أهمية تثبيت النتروجين عن طريق التسميد الحيوى فى محصول القمح وذلك لتقليل استخدام الأسمدة النتروجينة وأثبت أن إضافة الأزوتين أعطى أعلى محصول عندما صاحب ذلك إضافة ثلثى الكمية الموصى بها من النتروجين المعدنى -- وذكروا أيضاً أن التسميد الحيوى يزيد كفاءة استخدام النتروجين بالإضافة إلى الاستجابة للتسميد النتروجينى.

قامت **إسعاد بديوى** وآخرون (١٩٩٧) بإجراء تسع تجارب لتقييم أربعة مخصبات حيوية مثبتة للنتروجين على محصول القمح وهى النتروبين ، الميكروبين، السيرالين ، الآزوتين والإسكوبين (حمض الأسكوربيك) وأظهرت النتائج أن التسميد الحيوي يعوض ٣٠-٤٠ ٪ من النتروجين المعدنى الموصى به ، كما يساعد على بناء الأرض الجيدة ، وكذلك يتبقى بكتريا فى التربة، وقد أظهر النتروبين والآزوتين فعالية أكثر سواء فى الأراضى القديمة أو الجديدة.

قام **عمر وباسيليوس** (١٩٩٨) بدراسة استجابة بعض أصناف القمح للتلقيح بالسيريالين وقد أثبتوا أن تلقيح نباتات القمح ببكتريا خاصة مثبتة للنتروجين تكون مطابقة مع المستوى العادى من التسميد النتروجينى وأن زيادة امتصاص العناصر المعدنية بواسطة النبات يمكن أن يرجع إلى الزيادة العامة فى حجم المجموع الجذرى وليس لأى ارتفاع نوعى لميكانيكة امتصاص الأيون الطبيعى.

درس **عشوش وعبد المنعم** (٢٠٠١) تأثير بعض الأسمدة الكيميائية والحيوية على بعض أصناف القمح بمحطة بحوث الإسماعيلية فى الأراضى الجديدة لمعرفة تأثير عدد من المخصبات الحيوية المثبتة للنتروجين مثل الميكروبين والنتروبين والسيرالين والأزوتين والريزوبكترين وقد أدى ذلك إلى زيادة محصول الحبوب للفدان بنحو ٢٦٪ وعدد السنابل / م^{٢} بنحو ٢٨٪ وعدد الحبوب بالسنبلة بحوالى ١٧٪ مقارنة بمعدل التسميد النتروجينى الموصى به، وقد اختلفت الأصناف للاستجابة للميكروبين. لذا أوصت الدراسة بالتلقيح البكترى بالميكروبين +٤٠ كجم

نتروجين/ فدان مع زراعة الصنف سخا ٦٩ تحت ظروف محافظة الإسماعيلية- حيث إن زيادة محصول الحبوب / فدان الراجع للتسميد بالميكروبين +٤٠ كجم أزوت/ فدان يمكن أن يرجع إلى Endogemous photohormons (IAA, GAS,C,K) التى تلعب دوراً مهما فى نشاط النظام الجذرى وبالتالى يزيد امتصاص المغذيات من التربة ومعدل البناء الضوئى والتخزين الغذائى الذى أدى إلى زيادة مكونات المحصول.

أشارت نتائج القلا وآخرون (٢٠٠٢) على بعض أصناف القمح (سخا ٦٩، جميزه ٣، سدس ٨) أن التسميد الحيوى (سيريالين+ فسفورين) بمعدل ٤٠٠ جم/ فدان+ ٤٠ م^{٣} سماد بلدى أعطى أعلى القيم لمساحة الورقة العلم، طول النبات، عدد الأشطاء، عدد السنابل/ م^{٢}، طول السنبلة، عدد ووزن حبوب السنبلة، ومحتوى الحبوب من البروتين، محصول الحبوب والقش للفدان وذلك مقارنة بالتسميد المعدنى الموصى به للقمح، وأيضاً معاملات التسميد الحيوى الأخرى. وتوصى هذه الدراسة أنه للحصول على أعلى إنتاجية من وحدة المساحة لمحصول الحبوب/ فدان من القمح فإنه يتم زراعة الصنف سدس ٨ والتسميد الحيوى من (السيريالين+ الفوسفورين) بمعدل ٤٠٠ جم/ فدان وإضافة ٤٠ م^{٣} من السماد البلدى ثم التسميد الورقى بالسوبر جرو ٢٠- ٢٠- ٢٠ خلال مرحلتى التفريع والاستطالة تحت ظروف الزراعة بمحافظة الدقهلية.

درس الجيزاوى وتاج الدين (٢٠٠٣) محصول الذرة الشامية ومكونات كفاءة استخدام النتروجين وعلاقتها بالسماد الأزوتى والأصناف والسماد الحيوى حيث كان الهدف الأساسى من هذه الدراسة هو دراسة المحصول وكفاءة استخدام النتروجين وكفاءة انتقال النتروجين وكفاءة استغلال النتروجين لحبوب ٣ أصناف من الذرة الشامية تحت تسميد ٦٠ ، ١٢٠ كجم نتروجين / فدان وبدون إضافة ، وخليط من الأسمدة الحيوية (سيريالين وفوسفورين) وبدون إضافة. ووجدا أن كفاءة استخدام النتروجين للحبوب قد نقصت بزيادة التسميد النتروجينى خلال الدراسة وساهمت كفاءة انتقال النتروجين نسبياً أكثر من كفاءة استغلاله فى كفاءة استخدام

النتروجين.

قارن حافظ (٢٠٠٣) بين تأثير إضافة الأسمدة الكيماوية (أزوت + فوسفور) والبكتريا *Bacillus subyilis* Ehr لمحصول القمح حيث وجد أن إضافة البكتريا إلى محصول القمح أدت الى زيادة إنتاجية القمح بمعدل ما بين ٢٣-٣٦٪ وهى طريقة رخيصة الثمن وسهله المنال وتعتبر سليمة بيئياً كونها لا تسبب تلوثاً للبيئة وغير ضارة بالإنسان والحيوان والنبات وذات استمرارية.

الذرة

وفى بحث قام به حنا وآخرون (١٩٩٣) بهدف دراسة استجابة محصول الذرة الشامية للتسميد الفوسفاتى وذلك بالتلقيح بفطر الميكوريزا فقد زاد محصول الحبوب تحت المعاملة بالميكوريزا بالمقارنة بالمعاملات التى لم تلقح، وكانت هذه الزيادة فى المعاملات التى لقحت بالفطر بدون إضافة الفوسفور أكبر من المعاملات التى أضيف لها ٢٢ وحدة فو٢أ٥/ فدان. وهذا يرجع إلى تأثير فطر الميكوريزا على زيادة تركيز وامتصاص الفوسفور وغيره من العناصر، وتوصى الدراسة بأن يتم التلقيح بفطر الميكوريزا وتقليل الجرعات المضافة من السماد الأزوتى أو استخدام صخر الفوسفات وذلك لتقليل تكاليف الإنتاج.

درس **محمود وجبرائيل** (٢٠٠١) استجابة هجينى الذرة الشامية (هجين فردى ١٠، هجين فردى ١٢٢) للتسميد الفوسفاتى والتلقيح بمذيبات الفوسفات (الفوسفورين والميكوريزا) واستخلصا من الدراسة أنه بزراعة الهجين الفردى ١٠ وإضافة ٣٠ كجم فو٢أ٥/ فدان مع التلقيح بالأسمدة الحيوية أمكن الحصول على أعلى محصول حبوب (أردب/ فدان).

الأرز

وفى بحث أجراه الخولى وآخرون (١٩٩٩) على محصول الأرز لصنف جيزة ١٧٨ فى تجربتين حقليتين بالسرو وذلك لاستجابه محصول الأرز ومكوناته للتسميد بسلفات الأمونيوم

فقط أو سماد عضوى فقط أو كليهما معاً فى حالتى التلقيح وعدم التلقيح بالطحالب الخضراء المزرقة ، وقد دلت النتائج على أن النباتات الملقحة تفوقت بدرجة عالية المعنوية على قرينتها غير الملقحة. كما دلت النتائج على أن أعلى القيم لمحصول الحبوب ومكوناته تم الحصول عليها فى حالة إضافه ٢٠م[٣] سماد بلدى + ٢٠ كجم أزوت/ فدان (من سلفات الأمونيوم) مع التلقيح الطحلبى Blue Green Algae (BGA).وكان محصول الفدان ٣,٦، ٣,٧٧ طن حبوب/ فدان فى كلا الموسمين.

فى دراسة قام بها **عبد الفتاح** وآخرون (١٩٩٩) وذلك بهدف تقييم التسميد الحيوى بالطحالب الخضراء المزرقة (BGA) والأزولا Azolla تحت معدلات مختلفة من التسميد الفوسفاتى على محصول الأرز ومكوناته بأراضى محافظة دمياط (محطة بحوث السرو) أمكنهما استنتاج أن التسميد الحيوى بالطحالب الخضراء المزرقة والأزولا أدى إلى زيادة معنوية فى محصول الأرز ومكوناته. كما أوضحت النتائج تفوق التسميد بالطحالب على التسميد بالأزولا. وقد تحقق أعلى محصول للحبوب بتطبيق التسميد الحيوى بكل من الطحالب الخضراء المزرقة والأزولا مع التسميد الفوسفاتى. وقد أعزيا الزيادة فى محصول الحبوب إلى زيادة كفاءة وصلاحية الصور الأرضية والسمادية لعناصر الفوسفور والأزوت كنتيجة لاستخدام الطحالب والأزولا فى حقول الأرز.

الفول

وفى بحث أجراه **أبو خضرة ومحمد** (٢٠٠٢) لمعرفة تأثير ثلاثة مستويات من التسميد الآزوتى كجرعه منشطه (صفر ، ١٠، ٢٠ كجم أزوت/ فدان) والتلقيح ببكتريا العقد الجذرية (ريزوبيوم) وفطر الميكوريزا والفوسفورين على محصول الفول البلدى ومكوناته واتضح من نتائج الدراسة أن معاملات التلقيح أعطت زيادة معنوية فى محصول الفدان من البذور وكل مكونات المحصول ، وأن التلقيح بالريزوبيوم بمفرده أو مع فطر الميكوريزا أو الفوسفورين كان له أثر فعال على زيادة محصول البذور ومكوناته ومحتوى البروتين فى البذور.

وقد استخلصا من نتائج الدراسة أن تلقيح بذور الفول البلدى بكل من بكتريا العقد الجذرية وفطر الميكوريزا والفوسفورين معاً أو ببكتريا العقد الجذرية مع الميكوريزا أو الفوسفورين وإضافة ٢٠ كجم أزوت/ فدان كجرعة منشطة يمكن أن ينصح به لزيادة إنتاجية الفول البلدى وتقليل التلوث البيئى.

الحمص

قام **الغندور** وآخرون (٢٠٠٣) بإجراء تجربة لتقييم تأثير الأسمدة الحيوية (فطريات الميكوريزا وبكتريا الريزوبيوم) سواء منفردة أو فى معاملات مزدوجة وذلك مع إضافة المصدر السمادى للفسفور (الصخر الفوسفاتى أو السوبر فوسفات الأحادى) على نمو وإنتاج الحمص وعملية تثبيت الأزوت الجوى فى هذا النبات البقولى النامى فى أرض رملية. أضيف الفوسفور من مصدرين : الصخر الفوسفاتى والسوبر فوسفات الأحادى بمعدل ٣٠ ، ١٥ كجم فسفور/ هكتار كما أضيف الأزوت بمعدل ١٥ كجم نتروجين/ هكتار سواء فى صورته العادية أو المرقمة من كبريتات الأمونيوم. وقد أوضحت النتائج أن عملية التلقيح بالأسمدة الحيوية قد أدت إلى زيادة إنتاج المادة الجافة مقارنة بالمعاملة غير الملقحة سواء أضيف السوبر فوسفات أو الصخر الفوسفاتى ، كما أظهرت النتائج أن التلقيح الفردى بالريزوبيوم قد أدى إلى زيادة الإنتاج فى حالة إضافة السوبر بمعدل ٣٠ كجم/ هكتار أكثر منها فى حالة ١٥ كجم/ هكتار ، كذلك فإن العدوى بالميكوريزا زدات الإنتاج مع التسميد الفوسفاتى بمعدل ١٥ كجم/ هكتار ، كذلك فإن العدوى بالميكوريزا زدات من عدد العقد الجذرية وبالتالى امتصاص الأزوت الجوى وكان هذا فى التلقيح المزدوج أكثر منه فى المعاملات الفردية، فى نفس الوقت فإن معدل تثبيت الأزوت الجوى كان كبيراً فى المعاملات المزدوجة من التلقيح بالأسمدة الحيوية تحت أى مصدر من مصادر التسميد الفوسفاتى.

وجد Daterao وآخرون (١٩٩٤) أن تلقيح البذور يزيد محصول البذور وأن جميع البقوليات عندما يتم إضافة ١٠ كجم نتروجين + تلقيح البذور أعطى محصول بذور أعلى من

إضافه ٢٠ كجم نتروجين على حدة . وأن محصول البذور أعطى أعلى إنتاجية عند إضافة ٢٠ كجم نتروجين + تلقيح البذور.

القطن

فى دراسة قام بها صبيح وآخرون (٢٠٠٠) بهدف مقارنة التسميد المعدنى بالتسميد الحيوى للقطن بمحطة البحوث الزراعية بسخا تم إضافة المعدلات الموصى بها من الأسمدة المعدنية إما منفردة أو فى صورة تسميد مشترك لعنصرين منها أو أكثر، أو باستخدام نصف المعدلات الموصى بها من العناصر المعدنية مع استخدام الأسمدة الحيوية (النيتروبين، الفوسفورين، الميكروبين، الريزوباكترين). وقد توصلوا من الدراسة إلى أن التسميد المشترك (نصف المعدل الموصى به من الأسمدة المعدنية وواحداً أو اثنين من الأسمدة الحيوية) أفضل من التسميد المعدنى الكامل وذلك لتحقيق زيادات عالية فى المحصول وتقليل تكاليف الأسمدة المعدنية لرخص ثمن الأسمدة الحيوية وتقليل التلوث البيئى.

دوار الشمس

أظهرت نتائج الدراسة التى أجراها **قشطة** والخولى (١٩٩٩) فى محطة السرو على محصول البذرة لدوار الشمس أن إضافة السماد الأزوتى المعدنى والحيوى أدت إلى زيادة فى محصول الفدان من البذور وبعض مكونات المحصول. كما اتضح أيضاً من نتائج الدراسة أن إضافة السماد العضوى أدى إلى زيادة كفاءة كل من التسميد الحيوى والمعدنى وكذلك التأثير على خواص التربة الطبيعية والكيماوية من ناحية محتوى التربة من النتروجين والفوسفور الميسر والمحتوى من المادة العضوية وزيادة الماء الصالح.

فى دراسة قام بها **أبوخضرة** وآخرون (٢٠٠٢) لمعرفة استجابة أربع هجن مبشرة من دوار الشمس (فيدوك، إيروفلور، الامو، مالابار) تحت معدل ثلاث مستويات منخفضة من التسميد الأزوتى (١٥، ٣٠، ٤٥ كجم أزوت/ فدان) ومعاملتين من التسميد الحيوى (بدون تلقيح، التلقيح بالفوسفورين)، أدت إضافة الفوسفورين كمخصب حيوى إلى زيادة معنوية فى وزن

المادة الجافة المتجمعة بالنمو فى كثير من مراحل النمو وكذلك محصول البذور للفدان وبعض مكونات المحصول. وعامة تشير النتائج المتحصل عليها أن زراعة الهجين مالابار وتسميده بمعدل ٤٥ وحدة أزوت وإضافة الفوسفورين كسماد حيوى يمكن أن يوصى به للحصول على أعلى محصول بذور من دوار الشمس فى وحدة المساحة تحت ظروف هذه الدراسة.

فى دراسة قام بها **محمد** (٢٠٠٣) على استجابة محصول دوار الشمس للتلقيح بالبكتريا الحيوية المثبتة للنتروجين (السيريالين) والبكتريا الميسرة للفسفور (الفوسفورين) تحت مستويات منخفضة من الأزوت (١٥، ٣٠، ٤٥ كجم أزوت/ فدان)، ومستويين من الفوسفور (صفر ، ١٥كجم فو٢أ٥/ فدان) ، توصل الباحث إلى أن تلقيح بذور دوار الشمس بالسيريالين أو الفوسفورين أو بهما معاً أدى إلى زيادة معنوية فى المحصول ومعظم مكوناته مقارنه بالكنترول. وقد استخلص الباحث أن تلقيح بذور دوار الشمس بكل من الفوسفورين والسيريالين وإضافة السماد الأزوتى والفوسفاتى بمعدل ٤٥ كجم أزوت+١٥ كجم فو٢أ٥/ فدان يمكن أن ينصح به لزيادة محصول دوار الشمس.

الكتان

أجرى **مصطفى** وآخرون (٢٠٠٣) دراسة لمعرفة استجابة محصول الكتان ومكوناته وكذلك بعض الصفات التشريحية للتلقيح بالتسميد الحيوى (الفوسفورين، النيتروبين) تحت أربع مستويات مختلفة من السماد الأزوتى (٢٠، ٣٠، ٤٠، ٥٠ كجم أزوت/ فدان). اتضح من نتائج الدراسة أن تلقيح البذرة بكل من الفوسفورين والنيتروبين أو بالنيتروبين فقط أدى إلى زيادة معنوية فى كل من محصول القش والبذرة ومكوناتها. كما أدى التسميد الحيوى إلى زيادة معنوية فى معظم الصفات التشريحية مقارنة بمعاملة الكنترول (بدون تلقيح).

البنجر

وجد أبو الفتوح (٢٠٠٠) أن معدل التسميد الحيوى (فوسفورين + ميكروبين) على محصول وجودة بنجر السكر مع إضافة نصف كمية السماد المعدنى (٣٠ وحدة أزوت) أعطت

أعلى النتائج مقارنة بـ٦٠ وحدة أزوت فى محصول الجذور وكمية السكر وأدت أيضاً إلى جودة العصير المستخلص من جذور البنجر من خلال تأثيرها على محتواه من أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والألفا أمين نتروجين والنسبة المئوية للسكر، وتقليل كمية السكر المفقود من المولاس.

درست **نعمت نور الدين** وآخرون (٢٠٠٢) تأثير ستة معاملات من التسميد الحيوى (تلقيح البذور بـ *Azotobacter chroococum , Bacillus megatherium* كمصدر للنتروجين والفوسفور على الترتيب والتسميد المعدنى (٢٥ ،٥٠، ٧٥ كجم أزوت/ فدان، (صفر، ١٥ كجم فو٢أ٥/ فدان) على محصول بنجر السكر وجودته لأربعة أصناف. وقد اتضح أنه بإضافة خليط من السماد الحيوى الأزوتوباكترين والفسفوباكترين+ ٥٠ كجم أزوت/ فدان + ١٥ كجم فو٢أ٥/ فدان أمكن الحصول على أعلى نسبة مئوية للسكروز والنقاوة وكذلك محصول الجذور ومحصول السكر/ فدان.

فى دراسة قام بها سعد وآخرون (٢٠٠٣) على استجابة بنجر السكر للتسميد الحيوى فقد وجودا أن التلقيح البكتيرى أدى لزيادة معنوية فى محصول الجذور والمجموع الخضرى وقد أدى التلقيح بالأزوتوباكتر أو الأزوسبيريلام لاختزال حوالى ٢٥٪ من كمية السماد النتروجينى الموصى به دون التأثير على محصول السكر وأدى التلقيح إلى زيادة محتوى الجذور والأوراق من النتروجين.

الفصل الثالث

التربية لتحمل الجفاف وزيادة الرطوبة

الفصل الثالث

أولاً: التربية لتحمل الجفاف (نقص الرطوبة)

لكى يتم التربية لتحمل الجفاف يجب الاستفادة من معطيات العلوم الأخرى مثل الفسيولوجيا وغيرها ، وذلك لمعرفة وتحديد الصفات الفسيولوجية والمورفولوجية المتاحة لاختيار صفات التحمل للجفاف أو لأى إجهاد آخر عند التعرض للإجهادات المختلفة .

تعريف الجفاف:

هى فترة زمنية معينة يتعرض فيها النبات لنقص الماء أو ما يسمى بالإجهاد المائى بدرجة معنوية والتى يقل فيها سقوط الأمطار أو نقص الماء.

تعريف تحمل الجفاف فى النباتات

التعريف البيولوجى: هو بقاء النبات حياً وإنتاجه لأى عدد من البذور عقب تعرضه لنقص حاد فى الرطوبة الأرضية (عن Myers وآخرين ١٩٨٦) . ويتحقق ذلك غالباً من خلال حدوث نقص فى المساحة الورقية وخفض فى النشاط الأيضى وغير ذلك من الظواهر التى توصف مجتمعة باسم Cryptobiosis وترتبط تلك الظواهر عادة بنقص فى المحصول ولذا فإن فائدتها محدودة للمربى.

التعريف الزراعى أو المحصولى : هو تحمل الجفاف حيث يتطلب أن يكون النمو النباتى كافياً لإنتاج محصول اقتصادى.

قبل أن نستعرض الجفاف باستفاضة يجب معرفة أهمية الماء ودوره فى نمو النبات

أهمية ودور الماء فى نمو النبات

قال تعالى: ﴿وَجَعَلْنَا مِنَ ٱلْمَآءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ﴾ صدق الله العظيم .

يعتبر الماء مهمًا جداً لحياة النباتات ويمثل أكثر من ٩٠٪ من الوزن الرطب للنباتات العشبية وأكثر من ٥٠٪ فى النباتات الخشبية – ويعتمد المحتوى المائى فى النبات على النوع والصنف النباتى وعلى الظروف البيئية التى تؤثر على امتصاص النبات للماء، وعلى الماء المفقود نتيجة لعملية النتح ، وكذلك يعتمد المحتوى المائى على مرحلة النمو والتطور ونوع العضو النباتى سواء أكان جذراً أم ساقاً أم ورقة.. إلخ. ويؤثر الماء سواء بشكل مباشر أو غير مباشر على جميع العمليات الأيضية والفسيولوجية.

دور الماء فى نمو النبات:

١- يعتبر الماء المكون الرئيسى للمادة الحية (البروتوبلازم) وهو الذى يحدد سيولة أو لزوجة البروتوبلازم.

٢- جميع التفاعلات الكيميائية فى الخلية لا تحدث إلا فى الوسط المائى ويشارك الماء فى عديد من التفاعلات الكيموحيوية.

٣- الماء مهم جداً لتفاعلات التحلل المائى التى تحفز إنزيمات التحلل ؛ تحلل النشا إلى سكريات بفعل أنزيم الأميليز Amylase ، وتحلل الدهون إلى أحماض دهنية بواسطة إنزيم اللايبيز Lipase ، وتحلل البروتينات إلى أحماض أمينية بفعل إنزيم البروتيز Protease .

٤- يعتبر الماء مصدرًا للإلكترونات وأيونات الأيدروجين فى تفاعلات الإضاءة فى عملية التمثيل الضوئى والمهمة لاختزال ثانى أكسيد الكربون.

٥- يعمل على تنظيم درجة حرارة النبات.

٦- يدخل فى تركيب الخلايا والأنسجة التى تقوم بوظائف فسيولوجية مختلفة.

٧- يعمل على إذابة الأملاح والسكريات وينقلها من خلية إلى خلية أخرى.

٨- مهم جداً فى عملية النتح.

٩- يعمل على استمرار امتلاء النبات وانتفاخه Plant turgidity ، ومهم لتمدد الأعضاء النباتية.

١٠- مهم وضرورى لعمليات استطالة ونمو الخلايا.

الجفاف والإجهاد المائى

تعتبر النباتات المحبة للمياه ولو بدرجة متوسطة (لا تتحمل الجفاف)، مقارنة بالنباتات المحبة للجفاف (المقاومة أو المتحملة للجفاف) ، هى أكثر الأنواع شيوعاً للتعرف على ظاهرة الإجهاد المائى فى العديد من المناطق شبه الجافة . وتمثل هذه الظاهرة عنق الزجاجة فى التنمية الزراعية بها، فالإجهاد المائى يرتبط بالمناطق قليلة الأمطار، على الرغم من أنه حتى تحت ظروف تساقط الأمطار الكافيه أو الرى يمكن للنباتات أن تظهر إجهاداً انتقالياً (عابراً) أثناء ساعات الظهيرة فى الأيام الحارة.

ويتسبب عن الإجهاد المائى إحداث ضغط امتلاء للخلايا يصل إلى مداه عند أقصى ضغط إجهاد. وتأثير مثل هذا الإجهاد يتوقف على فترة وامتداد الحرمان. ومن ناحية أخرى فإن استجابة النباتات للإجهاد المائى تعتمد على طبيعة الماء المخزن فيها والتى يمكـن تقسيمها إلى:

(١) الاستجابة الفسيولوجية للتغييرات على الأمد القصيرShort-term:إن الاستجابة الفسيولوجية للإجهاد على المدي القصير تكون مرتبطة بتنظيم فتح الثغور بحيث ينقص أو يقل فقد الماء بواسطة النتح وأقصى امتصاص لثانى أكسيد الكربون. والدرجة المثلى لهذه العملية تؤدى إلى ثبات النسبة بين عملية النتح والتمثيل الضوئى.

(٢) المواءمة مع الماء الميسر: بالنسبة للمواءمة فتكون الاستجابة ناتجة عن تعديل الضغط الأسموزى للخلايا إما بواسطة تكثيف محلول الخلية أو تغير مرونة جدر الخلايا أو تغيرات مورفولوجية.

(٣) الأقلمة للجفاف على المدى الطويل:بالنسبة للأقلمة على الأمد الطويل للجفاف فيكون

مرتكزاً على أساس وراثى ثابت ، حيث تكون التغيرات ممثلة فى تحورات نباتية خاصة ، أو تطوير الميكانيكيات الفسيولوجية متمثلاً فى نقص معدل النمو مع التوازن مع المحصول.

النباتات الجفافية: Xerophytes

تشتمل هذه المجموعه على النباتات التى تأقلمت لتعيش فى المناطق ذات الصفات الجفافية وتمتلك عديداً من التحورات المورفولوجية والتشريحية والفسيولوجية التى تجعلها قادرة على المعيشة فى هذه البيئات. وهذه النباتات هى التى تعيش تحت ظروف الرطوبة القليلة، وقد نشأت هذه النباتات أصلاً من نباتات البيئة المتوسطة الرطوبة عن طريق التطور التدريجى تحت ظروف الجفاف المتزايد. وتنتشر هذه النباتات انتشاراً كبيراً فى الصحارى، وهي أكثر عدداً وتخصصاً وتبايناً فى الشكل والتركيب والتكيف الفسيولوجى والتحورات، وهذه النباتات إما أن يحدث بها تحورات لمنع فقد الماء أو تحورات لتخزين الماء، وتعود هذه الصفات إلى عوامل وراثية أو عوامل مكتسبة، وهذه النباتات تملك القدرة على فقد كمية كبيرة من محتواها المائى دون حدوث ضرر، وقد تصل هذه الكمية التى تستطيع فقدها إلى ٦٠-٧٠٪ من وزنها الرطب ، وتتميز بزيادة مطاطية البروتوبلازم ومقدرته على تحمل الجفاف وتسمى (الصفة الجفافية الحقيقية).

وقد عرف Henckel (١٩٦٤) النباتات المقاومة للجفاف بأنها النباتات التى تستطيع أن تتأقلم مع الجفاف فى المراحل الأولى من تكوينها ontogenesis وتستطيع النمو والتطور والتكاثر بشكل طبيعى فى ظروف من الجفاف ، وذلك نظراً لاحتوائها على عدد من المميزات التى تتكون أثناء تطورها نتيجة تأثير الظروف البيئية والانتخاب الطبيعى.

وقد عرف Levitt (١٩٨٠) مقاومة الجفاف بأنها هى الإجهاد المائى اللازم لقتل ٥٠٪ من النسيج النباتى وذلك كما فى المعادلة التالية:

$$Rd = \Psi_e 50$$

حيث إن Rd هى المقاومة للجفاف

Ψe 50 هو جهد الماء الذى يسبب قتل ٥٠٪ من النسيج النباتى .

وقد ذكر Levitt (١٩٨٠) أنه يمكن قياس المقاومة للجفاف بعدة طرق منها:

١- قياس طول الفترة التى يستطيع النبات البقاء فيها حياً بعد منع الرى والماء عنه.

٢- قياس الإنتاج النباتى فى الحقل وذلك أثناء الإجهاد.

٣- قياس كفاءة النبات فى استخدام الماء (WUE) وهى (كمية الماء التى تلزم لإنتاج وحدة من الوزن الجاف).

تقسيم النباتات على أساس المقاومة للجفاف:

أولاً: تقسيم ورمنج Warming's classification

قسم Warming (١٩٨٥) النباتات على أساس كمية الماء التى تحتاجها للنمو الطبيعى ولإكمال دورة حياتها إلى عدة مجموعات وهى:

أ - النباتات المائية Hydrophytes :هذه المجموعه تشمل النباتات المتأقلمة تحت ظروف الغمر أو شبه المغمورة أو فى الأماكن الغدقة، وهذه النباتات تنمو فى البرك والمستنقعات ومجارى المياه وغيرها، ونجد أن النباتات التى تنمو فى مثل هذه الظروف يحدث لها تحورات لكى تساعدها على التأقلم لمثل هذه البيئات.

ب - النباتات المتوسطة Mesophytes: هذه المجموعه تشمل النباتات متوسطة للإحتياج المائى مقارنة بالنباتات المائية والنباتات الجفافية وهذه النباتات لها القدرة على التحكم فى كمية الماء المفقود من عملية النتح وذلك عن طريق التحكم فى حركة ومقاومة الثغور ، وتتميز هذه النباتات بغزارة الجذور وتفرعها، وينتمى معظم نباتات المحاصيل لهذه المجموعة.

جـ - النباتات الجفافية Xerophytes: هذه المجموعة تشمل النباتات التى تأقلمت كى تعيش فى المناطق ذات الصفات الجفافية ، ويحدث تحورات مورفولوجية وتشريحية وفسيولوجية لهذه النباتات لكى تتمكن من المعيشة فى هذه البيئات.

وتتميز هذه النباتات بزيادة مطاطية البروتوبلازم، وكذلك تمتلك نباتات هذه المجموعة

المقدرة على فقد ٦٠-٧٠٪ من وزنها الرطب دون حدوث أضرار لها.

ومن أنماط النباتات الجفافية (مجاهد وآخرون ١٩٨٧):

١- **النباتات الحولية الموسمية Ephemeral annuals**: وهذه النباتات هى التى تكمل دورة حياتها فى الفصل الممطر فى فترة من ٦-٨ أسابيع وتقضى فترة الجفاف على هيئة بذور ساكنة، وهذه النباتات تتميز بصغر حجمها وتغلغل جذورها.

٢- **النباتات شبه الموسمية Ephemeroids**: وهذه النباتات هى التى تكمل دورة حياتها فى فترة زمنية قصيرة فى الفصل الممطر، وعند التعرض لفصل الجفاف يموت الجزء الموجود أعلى سطح التربة، أما الريزومات والدرنات والأبصال الموجودة أسفل سطح التربة فإنه يبقى حياً.

٣- **النباتات المعمرة العصارية Perennial succulents**: وهذه النباتات تتميز بأن فجواتها العصارية متضخمة ومتسعة لتستطيع تخزين الماء داخل خلاياها فى الموسم الممطر، وتستخدم هذا الماء المخزون داخلها فى فصل الجفاف، ونجد أن الماء يتم تخزينه سواء فى الأوراق أو السيقان أو الجذور.

٤- **النباتات الجفافية القاسية Sclerophytes**: وهذه النباتات تشمل معظم النباتات الصحراوية المعمرة.

ثانياً: تقسيم ماكسيموف Maximov classification

قسم Maximov (١٩٢٩) النباتات الجفافية إلى ثلاث مجموعات:

أ- **النباتات الموسمية Ephemerals**: وهذه النباتات هى التى تكمل دورة حياتها فى البيئة الجافة فى الفصل الرطب قبل حلول الفصل الجاف.

ب- **النباتات العصارية Succulents**: وهذه النباتات مقتصدة فى الماء Water-conserving plants.

جـ- النباتات الجفافية الحقيقية True xerophytes:

وهذه النباتات تقاوم الجفاف وغير مقتصدة فى استهلاك الماء Water spender.

ثالثاً: تقسيم شانتز Schantz classification

قسم Schantz (١٩٢٧) نباتات المناطق الجافة إلى أربع مجموعات:

أ- نباتات هاربة من الجفاف Drought escaping: وهذه النباتات لا تمتلك ميكانيكيات خاصة لمقاومة الجفاف، ولكن تعتمد على تنظيم نموها - فيحدث نموها الخضرى فى الفصل الرطب فقط ثم تمضى الفصل الجاف على هيئة طور ساكن مثل البذور (مثل النباتات الموسمية) وهى إما نباتات حولية تتكاثر بالبذور أو معمرة تتكاثر بالريزومات والأبصال، وتتميز هذه النباتات الهاربة من الجفاف بحدوث الإنبات بعد تساقط المطر وتنمو وتزهر بسرعة وتنضج فى فترة قصيرة. ويرى بعض العلماء أن هذه النباتات ليست جفافية، ويمكن أن تسمى نباتات جفافية كاذبة Pseudo xerophytes.

ب- نباتات تتحاشى الجفاف Drought-evading plants : وهذه النباتات مقتصدة فى استهلاك الماء، مثل بعض نباتات الحبوب فى المناطق شبه الجافة وتتميز بانخفاض معدل النتح لوحدة الوزن الجاف.

جـ- نباتات تتحمل الجفاف Drought-enduring plants : وهذه النباتات غير مقتصدة فى استهلاك الماء، ولكنها تفقد أوراقها.

وتتميز هذه النباتات بأن أنسجتها تستطيع تحمل فقد كميات كبيرة من الماء (تتحمل التجفيف) ويطلق على هذه الظاهرة مقاومة التجفيف (dessication resistance).

د- النباتات المقاومة للجفاف Drought resistant plants: وهذه النباتات عصارية حيث تقوم بتخزين الماء فى الأوراق أو الجذور.

رابعاً: تقسيم لفيت للمقاومة Lvitt classification

وتقسم النباتات الجفافيه كما قسمها Levitt (١٩٧٢) إلى :

١ - نباتات هاربة من الجفاف.Escaping drought ephemerals

٢- نباتات مقاومة للجفاف.Drought resistance

٢-١- نباتات متحملة للجفاف tolerering stress

٢-١-أ- نباتات عالية التحمل **High tolerance**

٢-١-ب- نباتات أقل تحمل**Mitigating stress**

٢-٢- نباتات متحاشية للجفاف.Avoiding stress

٢-٢-أ- نباتات مسرفه فى امتصاص الماء Improving water uptake (water spenders)

٢-٢-ب- نباتات مدخرة للماء Conserving water (Water servers)

(١) النباتات الهاربة من الجفاف: هذه النباتات تستطيع أن تكيف نفسها لفترة جفاف قصيرة حيث يتم خلال هذه الفترة إنبات البذور واكتمال دورة الحياة ، ويعتبر التبكير فى نضج نباتات القمح (تقصير دورة حياة النبات) من الطرق التى يمكن بها للمحصول الهروب من الجفاف، فقد ثبت أن مقاومة الجفاف تكون عالية فى سلالات القمح المبكرة عن مثيلتها المتأخرة تحت نفس الظروف. (أى قدرة النباتات على إكمال دورة حياتها فى فترة زمنية قصيرة عندما تكون الرطوبة الأرضية متوفرة، كما فى عديد من النباتات الصحراوية). ويحدث الإفلات من ظروف الجفاف بأن تنبت بذور النباتات عقب المطر الغزير ، ثم تكمل النباتات نموها الخضرى الذى يكون غالباً محدوداً جداً – وتزهر وتثمر فى فترة لا تتجاوز ٤-٦ أسابيع وبذلك تستفيد النباتات من الرطوبة المحدودة الموجودة فى التربة وتكمل دورة حياتها قبل أن تتعرض لظروف الجفاف، ويشاهد ذلك كثيراً فى المناطق الصحراوية. ويعيب النباتات التى تتجنب ظروف نقص الرطوبة

الأرضية وتفلت منها تماماً بأنها لا تتحمل ظروف نقص الرطوبة الأرضية إذا ما تعرضت لها .

(٢) نباتات مقاومة للجفاف:

مقاومة الإجهاد Stress resistance

تتفاوت النباتات تفاوتاً كبيراً في درجة مقاومتها للظروف البيئية القاسية المختلفة، فهذه النباتات تتراوح بين نباتات حساسة جداً للإجهاد الخفيف ونباتات يمكنها أن تقاوم الإجهاد الشديد. إن تأقلم بعض الأنواع من النباتات البرية يجعلها تعيش في بيئة صحراوية جافة ذات خصائص معينة وهى أنها ذات أمطار موسمية حيث تتساقط كمية قليلة من الأمطار ودرجة حرارة الهواء مرتفعة في معظم أيام السنة، والرطوبة النسبية للهواء فيها منخفضة جداً، وجهد ماء التربة منخفض جداً في معظم أيام السنة. فلماذا تستطيع هذه النباتات أن تعيش في مثل هذه البيئات ذات الصفات الجفافية في معظم أشهر السنة بينما تموت نباتات أخرى لو وجدت في مثل هذه الظروف؟ هناك العديد من الأسئلة التي من الممكن طرحها عن العلاقات المائية لهذه النباتات. مثلاً هل ثغور هذه النباتات مفتوحة طوال ساعات النهار أو معظمها؟ هل هذه النباتات تنتح بمعدل مرتفع لكى يكفي لتبريد أنسجتها في الحر الشديد، هل تستطيع هذه النباتات امتصاص كمية كافية من الماء من التربة الجافة، بحيث تعوض الماء المفقود في عملية النتح؟ لماذا لا تظهر عليها أعراض الذبول في مثل هذه الظروف القاسية؟ هل ضغط امتلاء خلاياها مرتفع؟. غالباً ما تظهر على النباتات التي تستوطن فى مثل هذه البيئات صفات مرفولوجية وتشريحية تميزها عن نباتات البيئات الأخرى، وهذه الصفات تساعدها على التأقلم للبيئات ذات الصفات الجفافية.

والنباتات المقاومة للجفاف هى التى تقاوم الجفاف باختزان الماء لإستعماله فى وقت لا تستطيع خلاله الحصول على الماء من التربة وتتميز هذه النباتات بالأوراق والسيقان والجذور اللحمية (النباتات العصارية).

أ ـ نباتات تتحاشى الجفاف: وهى التى تحافظ على مواردها المائية المحدودة إما

لصغر حجمها أو قلة نموها- ولها القدرة على إكمال دورة حياتها فى فترة زمنية قصيرة عندما تكون الرطوبة الأرضيه متوفرة كما فى عديد من النباتات الصحراوية.

ومن الخصائص الأخرى المهمة للنباتات الصحراوية التى تستطيع بها تجنب الجفاف هو تكوين طبقه سميكة من الشمع على مختلف الأسطح النباتيه لتستطيع أن تعمل على خفض معدل النتح إلى أدنى مستوى ممكن وقلة عدد الثغور بالأوراق وسرعة انغلاق الثغور وكبر الفجوات العصارية مع تراكم المركبات العضوية الذائبة فى السيتوبلازم ، وتشعب المجموع الجذرى وتغطية الجذور بطبقة تمنع فقد الجذور للماء من التربة الجافة. وجميع هذه الصفات مكتسبة فى النباتات الصحراوية، ومثبتة Fixed فيها بمعنى أنه لا تتوفر فى النوع الواحد منها تباينات فى تلك الصفات، وزيادة نسبة المجموع الجذرى إلى المجموع الخضرى.

ب ـ نباتات تتحمل الجفاف: فى العادة تكون النباتات صغيرة الحجم، وعند نقص الماء فى التربة تجف أوراقها وربما تسقط أيضا حتى تتحسن الظروف وتنمو من جديد.

ويرجع تحمل النباتات للجفاف إلى:

١- إما إلى قدرتها على تأخير فقد الرطوبة من أنسجتها (Desication): حيث يحدث تأخير الفقد الرطوبى إما بخفض النبات لمعدل النتح وإما بزيادة معدل امتصاصه للماء.

٢- وإما إلى تحملها الفقد الرطوبى عند حدوثه، حيث إنه بالنسبة لتحمل النبات للجفاف فإنه يحدث من خلال التنظيم الأسموزى لخلايا النبات بالقدر الذى يسمح باستمرار امتلائها (Cell turger) وتوسعها (Cell expansion) ونموها (Araus *et al.*, 2002) حيث تعدل الخلايا أسموزيتها وذلك بزيادة الضغط الأسموزى لها عن طريق تجميع كمية كافية من الذائبات بالخلايا لمنع جفاف الخلايا – صغر حجم الخلايا – تجنب التجويع – تجنب فقد البروتين.

وبالمقارنة بالنباتات الصحراوية، فإن النباتات العادية هى التى تتوفر فى بعض أنواعها

تباينات فى الصفات التى تجعل بعض سلالاتها أو أصنافها أكثر أو أقل تحملاً لظروف الجفاف من غيرها، ويستفاد من هذه التباينات فى تربية أصناف تجارية أكثر تحملاً لظروف الجفاف وفى دراسة وراثة تلك الصفات. ويفضل دائماً أن يتم تجميع النباتات المرباة (بهدف زراعتها فى المناطق التى تتعرض لنقص فى الرطوبة الأرضية) بين صفتى القدرة على تجنب ظروف الجفاف، وتحمل تلك الظروف فى آن واحد.

تفاعلات الإجهاد:

لا يحدث الإجهاد المائى فى الطبيعة بمعزل عن التأثير الحرارى إلا نادراً والعكس صحيح فمثلا يترافق جفاف الحقل مع ارتفاع فى درجات الحرارة وبالمثل يمكن للجفاف الخلوى أن يكون الناتج المباشر لدرجات حرارة التجميد ولذلك فالدور الحرج للتفاعلات (الحرارة – الماء) فى أنظمة الإنتاج الطبيعية هو دور واضح ويتطلب الأمر قياس هذين العاملين.

تقاس درجة الحرارة، بشكل عام، باستخدام أجهزة المقاومات الحرارية، الأشعة الحرارية والأشعة تحت الحمراء. وهناك تقنيات أخرى أقل استعمالاً. وعموماً، يعتبر قياس درجات الحرارة أسهل نسبيا إذا ما قورن مع صعوبة تقدير حالة الماء فى التربة والنبات .

ولقد بين Hramer and Brix 1965 الخصائص والصفات المرغوبة لقياس الإجهاد فى النبات عموماً، وحالة الماء بشكل خاص. وينحصر الاهتمام الأساسى فى هذا المجال، بأن قياس الإجهاد يرتبط جيدا بتغيرات فى معدلات العمليات الفسيولوجية. وهناك مقياسان عامان أكثر استخداماً هما:

المحتوى المائى النسبى (RWC) والجهد المائى (WP)

ويتزايد استخدام مصطلح الجهد الأسموزى (OP).

ويعتبر محتوى الماء النسبى (RWC) مقياسا لكمية الماء فى النبات عند جمع العينات منسوبا إلى كمية الماء في النبات عند درجة الامتلاء الكامل. ويبين Weatherley 1950 المحتوى المائي

النسبى أو الامتلاء النسبى (RT) كمايلى:

$$RWC\ (RT) = \frac{(Wf - Wd)}{Wt - Wd}$$

حيث إن:

Wf = الوزن الرطب

Wd = الوزن الجاف

Wt= الوزن عند الامتلاء (الناتج عن غمر العينة النباتية بالماء)

ولقد أشار Sullivan (١٩٧١) إلى وجود بعض الصعوبات المصاحبة لهذه الطريقة. إذ يمكن للخلية أن تنمو خلال مرحلة ارتشاح الماء، ويمكن للماء أن يرشح خلال الجروح الموجودة على السطح وفى المسافات بين الخلوية ، كما يحدث فقد عن طريق التنفس.

وعموماً يعتبر الجهد المائى (WP) الدليل الأكثر شيوعاً لمعرفة حالة الماء فى النبات ومن حيث المبدأ فالجهد المائى مصطلح من مصطلحات الديناميكا الحرارية، يتعلق فى قدرة الماء على القيام بوظيفته، وذلك يتوقف على الفعالية الكيميائية للماء وتحدد الفعالية الكيميائية بشكل عام على شكل الوزن الجزيئى للماء فى النظام النباتى. وهذا يعنى ارتباط مستوى الفعالية الكيميائية بكمية الماء فى النظام وتنسب فعالية الماء أو الجهد المائى إلى الماء النقى، والذى يساوى صفراً (0). وهكذا فإن أى عامل يقلل من فعالية الماء فى النظام الذى يؤدى الى انخفاض سلبى فى قيمة الجهد المائى.

وكمثال تبرد أوراق النبات بسبب النتح. ففى الظروف عالية الماء، يكون الماء متاحاً (فعالية عالية للماء) ويكون النتح سريعا. وعلى العكس من ذلك، فى الظروف الجافة، ينخفض جزىء الماء، وفعاليته مما يقلل من إمكانية النتح على التبريد وترتفع بالتالي درجة حرارة الورقة. وتعتبر

مواصفات النبات المؤثرة على الجهد المائي المتعلق بالنتح مرتبطة مع بعضها وهى كثيرة ومعقدة. ومن الأمثلة على ذلك، مقدرة الجذر على النمو والبحث على الماء، ومقاومة النبات الداخلية لجريان المياه، وانغلاق مسام الورقة. والمعادلة العامة للجهد المائى كما يلي:

$$y = ys + ym + yp$$

حيث إن:

ys= الجهد العائد للمادة المذابة (الضغط الأسموزي)

yp= الجهد العائد لضغط امتلاء الخلية بالماء على الجدار الخلوي

Ym= الجهد العائد للنسيج الخلوي والناتج عن امتصاص الماء من قبل الجدار الخلوي والمكونات الخلوية.

كيف تؤثر هذه الجهود المختلفة على الجهد المائى. فالجهد العائد للمادة المذابة (ys) يقلل من الجهد المائى (الفعالية) لأن المواد الذوابة تقلل من جزئى الماء فى النظام . وكذلك، فإن الروابط الضعيفة بين المذاب والماء يمكن أن تقلل فعالية الماء. أما الجهد العائد للضغط الامتلائى للخلية yp، فإنه يزيد فعالية الماء فى الخلية بتأثير التوسع المحدود للجدار الخلوى، وبتأثير الضغط الناتج عن إحلال الماء فى الخلية (الضغط الأسموزي). ويكون الجهد الأسموزي ذا قيمة موجبة عندما تكون الخلية منتفخة (ممتلئة). ونادراً ما يكون سالباً عند تعرض الخلية للجهد المائى. ويحد الجهد العائد للنسيج الخلوي والناتج عن إدمصاص الماء من قبل الجدار الخلوي، ومكونات الخلية (ym) من فعالية الماء. وكما أشرنا سابقاً، فإن الجهد المائى النقى يساوي صفراً (0). والتبدل فى الجهد المائي للنبات (y)، الناتج عن (ym,yp,ys) يؤدي إلى الوصول إلى قيم سالبة. ويعبر عن الجهد المائى (y)(بالجول فى م٢) أو بالميكاباسكال، أو بالبار.

ويمكننا أن نعطى مثالاً لمعرفة كيفية ارتباط قياس الجهد المائى، بوظائف النبات. تقل فعالية التمثيل الضوئى بشكل كبير فى غالبية النبات عند وصول الجهد المائى للنبات إلى (-١,٩)

ميكاباسكال. وحتى فى المحاصيل المتحملة نسبياً للجفاف (كالذرة البيضاء)، يمكن للجهود المائية (-١,٥ إلى -١,٩) ميكاباسكال أن تؤدي إلى الفتح الجزئى للمسام. وعموماً عندما تغلق المسام ترتفع درجة حرارة الورقة عادة، مما يؤدى إلى زيادة ضغط البخار، وتميل إلى حفظ وحتى إلى زيادة النتح.

وينظر إلى ماء النبات غالباً على شكل حركة أو جريان الماء فى النبات ويمكن للورقة ذات الجهد المائى (Y) المساوى (-١,٩٤) ميكاباسكال أن تكون ذات مقدرة أقل على النتح بالمقارنة مع الجهد المائى (-٠,٥) ميكاباسكال ويمكن للتبريد عند النتح أن يتوقف عند y=-١,٩٤ ميكاباسكال بسبب تقليل ضغط بخار الماء فى الورقة والفتح الجزئى للمسام.

تأثير الإجهاد المائي (الجفاف) على النباتات:

أولاً: التأثير على العمليات الفسيولوجية:

١ - التمثيل الضوئى:

يعتبر البناء الضوئى من أهم العمليات الفسيولوجية للنبات وتعتمد هذه العملية على عديد من العوامل التى تتداخل معاً فى تأثيرها على التمثيل الضوئى ومنها:

١- شدة الإضاءة. ٢- درجة الحرارة. ٣- تركيز ك أ٢ فى الخلايا التمثيلية .

٤- العناصر المعدنية المغذية. ٥- الماء.

٦- المقاومة التى يتعرض لها ك أ٢ فى انتشاره من الهواء الجوى إلى مركز الاختزال.

٧- فعالية تفاعلات الإضاءة والظلام فى البلاستيدات الخضراء.

ونظراً لصعوبة فصل العوامل السابقة عن بعضها البعض وكذلك صعوبة تحديد العامل المحدد لنقص التمثيل الضوئى عند التعرض للجفاف لذلك تم وضع افتراضات عديدة لتفسير تثبيط الجفاف على التمثيل الضوئى.

فقد وجد **Henson and Hitz** (١٩٨٢) أن استهلاك ثانى أكسيد الكربون (ك أ٢) يتحكم فيه كل من التدرج فى تركيز ثانى أكسيد الكربون (الفرق بين تركيز ك أ٢ فى الوسط الخارجى وداخل الورقة) وكفاءة الورقة فى التمثيل.

ووجد الحكيمى (٢٠٠٤) أن زيادة الجفاف أعاقت نمو محصول الذرة الشامية وأدت إلى انخفاض معدل البناء الضوئى. وقد وجد أن تثبيط الجفاف للبناء الضوئى قد يرجع إلى تأثيره على التوصيل الثغرى أو يرجع إلى تأثيره على توصيل النسيج الوسطى أو على مقاومة الثغور أو انغلاق الثغور.

وتبدأ مسام الورقة بالانغلاق بسبب الإجهاد المائى وينخفض معدل النتح مما يؤثر على تبادل الغازات وبالتالى على عملية التمثيل الضوئى.

إن الإجهاد المائي الشديد يؤدى إلى موت النبات، ولكن الإنتاج المنخفض تحت ظروف الإجهاد المائي الذى لا يؤدي إلى موت النبات يعتبر ظاهرة عامة فى غالبية البيئات وتأثير الإجهاد المائى الأكثر شيوعاً هو إيقاف نمو النباتات، وتمتلك النباتات التى توقف نموها أوراقا محدودة المساحة مما يقلل من حجم العوامل المحددة لفعالية التمثيل الضوئى إضافة إلى ذلك يؤدى الإجهاد المائى إلى انغلاق المسام الذى يؤدى بدوره إلى تقليل معدل امتصاص CO_2 فيحدث نتيجة ذلك نقص معدل التمثيل الضوئى. وتنتج النباتات المعرضة للإجهاد المائى كتلة حيوية أقل وإنتاجاً منخفضاً بسبب انخفاض معدل عملية التمثيل الضوئى.

٢ ـ التنفس Respiration

إن معدل التنفس يقل بانخفاض المحتوى الرطوبي للنبات فوجد أن معدل تنفس الجذور يزداد بزيادة محتواها من الماء، أما الأوراق الخضراء أو الأنسجة فوجد أن معدل التنفس يزداد عندما يقترب النبات من الذبول ويرجع ذلك إلى تحول النشا المخزون إلى سكر فيزداد معدل التنفس ويقل معدل التمثيل الضوئي فينقص معدل النمو.

وتختلف النباتات فى استجابة تنفسها للجفاف ، حيث يزداد فى بعض النباتات عند التعرض للجفاف Levitt (١٩٨٠)– وأن تأثير الجفاف على معدل التنفس يعتمد على كمية الماء التى يفقدها النبات. وفى بعض النباتات يصل التنفس لأقصى حد عند فقد ٣٠٪ من المحتوى المائى ويستمر إلى أن يصل إلى ٥٠–٦٠ ٪ من محتواها المائى، وقد يكون سبب تثبيط الإجهاد الأسموزى للتنفس ناتج عن نقص ضغط الامتلاء إلى أن يصل إلى (١) بار كما فى القمح ويثبت عند هذا المستوى نتيجة تعديل الأسموزية مع أن جهد الماء يستمر فى الانخفاض إلى –١٥ بار ويصاحب ذلك استمرار نقص التنفس (Bradford and Hsiao ١٩٨٢). إن التنفس عبارة عن عملية تحويل الطاقة الضوئية المثبتة على شكل طاقة كيميائية فى المركبات الكربونية (عبر عملية التمثيل الضوئى) إلى شكل قابل للاستفادة منها فى عمليات النمو وغيرها . وتجرى العملية كمايلى:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{طاقة}$$

يزداد التنفس فى بداية الإجهاد المائى ثم ينخفض بعد ذلك، وقد يعود ذلك إلى انخفاض فى معدل عملية التمثيل الضوئى.

يؤثر انسداد المسام على عملية التمثيل الضوئى، فيقلل من معدل حدوثها أكثر بكثير من تأثيره على التنفس. وبالتالى فإن انسداد المسام التام بسبب الإجهاد المائى، يعمل على خفض المعدل الفعلى للتمثيل الضوئى إلى مستوى تنفس الخلية مما يؤدي إلى انخفاض التركيب الضوئي الصافى. وإذا استمر ذلك طوال النهار فإنه يؤدى إلى خسارة كاملة لنواتج التمثيل الضوئى كلها.

يزداد التنفس إلى الحد الأقصى حينما ينخفض محتوى الرطوبة فى النبات إلى ٣٠٪ وتستمر عملية التنفس بالازدياد إلى أن يصل انخفاض الرطوبة فى النبات إلى ٥٠-٦٠٪. وتبدأ بعد ذلك سرعة التنفس بالانخفاض عن معدلها (Levitt, 1972).

إن التنفس فى الظلام غالباً ما ينخفض عندما يكون الإجهاد المائى معتدلاً إلى شديد. وتعتبر هذه الحالة خطرة بشكل ما لأن الإجهاد المائي المعتدل إلى الشديد يحمل معانى مختلفة لمختلف الباحثين. حيث إن الذرة البيضاء المعرضة للإجهاد المائى المعتدل يزيد من معدل التنفس الظلامى، وأن الإجهاد المائى القوي أو الشديد يقلل من معدل التنفس الظلامى إلى ما تحت مستوى المراقبة.

٣ - الجوع Starvation

يحدث الجوع عندما يزداد معدل سرعة التنفس عن سرعة التمثيل الضوئى مما يؤدى إلى فقدان المواد الغذائية الاحتياطية المخزنة فى النبات وإذا استمر الحال على هذا المنوال فإن الجوع يؤدي إلى أذى الخلية وموتها.

لذلك فإنه تتراكم منتجات البناء الضوئي فى الأوراق بالرغم من المعدل المنخفض للبناء الضوئى، مما يؤدي إلى توقف نقل المواد الغذائية من الأوراق إلى الجذور حيث تنخفض المواد

الغذائية الممثلة بالورقة لباقى أجزاء النبات مما يؤدى لقلة انتقال المواد الغذائية تحت ظروف الجفاف. كما وجد أن انخفاض رطوبة التربة يؤدي إلى انحباس السكريات في أوراق النباتات الصحراوية، ويؤدي إلى انخفاض عدد الجسيمات الصانعة الخضراء، وفى المادة الجافة للقمح والذرة الصفراء المعرضين للجفاف.

٤ ـ زيادة السكر:

يؤدي الإجهاد المائى إلى زيادة نسبة السكر ويقابله نقص وتدهور فى المخزون النشوى بسبب انخفاض معدل التمثيل الضوئى وزيادة التنفس فى مراحله الأولى.

إن منتجات التمثيل الضوئى تتراكم فى الأوراق وذلك بالرغم من انخفاض معدل التمثيل الضوئى بسبب الإجهاد المائي ويتوقف نقل نواتج التمثيل إلى الجذور، وبالتالى تنحبس السكريات فى الأوراق، وقد تؤدى هذه السكريات إلى تعديل الأسموزية، فقد يكون لها دور كبير فى تحمل الجفاف (Levitt ١٩٨٠) وقد تحمى السكريات غشاء البلاستيدات الخضراء من الجفاف، ويعتقد أن لها دور فى ثبات البروتين أثناء الجفاف.

وقد ذكر Acevedo وآخرون (١٩٧٩) أن نباتات السورجم حدث بها تراكم للسكريات المختزلة فى خلايا الورقة لمقاومة الجفاف.

٥ ـ التأثيرات الخلوية الأخرى:

أوضح Levitt (١٩٧٢) أن الضرر الذى يحدث فى البداية نتيجة للإجهاد المائى هو ناتج عن جفاف الخلية وما ينتج عن ذلك من تأثيرات أخرى تتوقف على شدة الجفاف الخلوى Cell dehydration والتى قد تكون عكسية أو غير عكسية.

فقد يحدث انكماش فى البروتوبلازم (عكسى أو غير عكسى) وتتعرض الميتوكوندريا والجسيمات الصانعة والغشاء البلازمى للأذى وتلاحظ قطرات زيتيه فى السيتوبلازم الخلوى. وتبدو السيتوبلازم حبيبية وينجم ذلك عن تراكم المصورات الحيوية وحبيبات الدهن

والجسيمات الكروية والجسيمات الصانعة فيه. ويزداد النقل النشط للأيونات ورشح الأحماض الأمينية والسكريات والأحماض العضوية عندما يصل الجهد المائى إلى -١,٩ بار. ومن مظاهر الجفاف حدوث بلزمة مؤقتة حيث تذبل الأوراق وتصبح هشة وسهلة السقوط.

إن صفة تمدد الخلايا تعتبر حساسة جداً للجفاف ويرجع ذلك إلى اعتماد نمو الخلايا بالتمدد على ضغط امتلاء الخلية الذى يتأثر بإجهاد الجفاف. ومن الواضح أن الدراسات تشير إلى أن تمدد الخلية يكون أكثر حساسية للجفاف عن بعض العمليات الفسيولوجية الأخرى حيث إن تمدد الخلية يتم تثبيطه عن تأثير البناء الضوئى نتيجة للجفاف، كذلك فى نبات الشوفان يعتمد تمدد الخلية على ضغط الامتلاء وذلك لزيادة تكوين مكونات الجدار الخلوى والذى يتم تثبيطه بالجفاف، والانقسام الخلوى أيضاً أقل حساسية من تمدد الخلية حيث إنه فى نبات القطن وجد أن تمدد أوراق نبات القطن توقف عند جهد مائى -٧,٥ بارات فى حين استمر الانقسام الخلوى عند هذا الجهد (Levitt ١٩٨٠).

٦ - تأثير الجفاف على امتصاص العناصر:

يؤثر الجفاف على امتصاص العناصر حيث يظهر تأثيره على انتقال العناصر مثل النتروجين والفوسفور من الأوراق المسنة والأنسجة الميرستيمية، حيث يحدث نقص حركة العناصر ونقص نفاذية الجذور للماء وامتصاص العناصر الغذائية المعدنية.

ثانياً: مراحل تطور النبات:

١ - الجنين والبادرة:

يؤثر الجفاف تأثيراً سيئاً حيث يعمل الجفاف على تثبيط إنبات البذور وتكشف البادرات مما يؤدى لنقص عدد النباتات فى وحدة المساحة، وتأثير الجفاف يكون شديداً فى الأعضاء القابلة للاستطالة والأجزاء الغضة، وتتسارع الحساسية للجفاف بعد تكوين الورقة الأولى ولكن لا تتوقف إمكانية استعادة الحياة كلية بعد الجفاف الشديد للبادرة إذا كان هناك بقية من الجذور الأولية الأساسية Root primordia أو الأوراق الأولية Primordial leafs فى حالة استطالة

وانقسام خلوى حيث يمكن أن يصلها الماء من جذور فعالة تقوم بامتصاصه.

ووجد Boyer (١٩٧٠) أن استخدام ثمن (١/٨) كمية ماء الرى لنبات فول الصويا يسبب نقصاً كبيراً فى معدل نمو السويقة الجنينية السفلى حيث إن جهد الماء فى منطقة النمو بلغت –٢,٨:–٨,٣ بارات. وقد رافق تثبيط نمو السويقة الجنينية تثبيطاً للانقسامات الخلوية.

وترتبط قابلية البادرات والأجنة النباتية لتحمل الجفاف بازدياد نسبة:

$$\frac{\text{الخلايا ذات الفجوات غير العصارية}}{\text{الخلايا ذات الفجوات العصارية}}$$

والخلايا الميرستيمية لجنين البذرة يعتبر أكثر مقاومة للجفاف فى مرحلة الخلايا ذات الفجوات، ويستطيع جنين البذرة أن ينمو تحت ظروف محدودة جداً من الماء.

وقد أوضح Duysen and Freeman (١٩٧٤) أن هناك نقصاً واضحاً لمعدل نمو بادرات القمح من ٢٢,٣ مليمتر/يوم إلى ٢,٤ مليمتر/يوم عند تعرض البادرات للإجهاد الجفافى فى التربة (الجهد المائى بالتربة –١٠ بارات).

ولقد وجد فى القمح أن تأثير الجفاف فى المراحل المبكرة أقل من تأثيره فى المراحل المتأخرة والبادرات الصغيرة أكثر مقاومة للجفاف من البادرات الكبيرة.

وتكون الأنسجة حديثة التكوين أكثر مقاومة من الأنسجة القديمة ولقد لوحظ تحرك الماء من الأجزاء القديمة إلى الحديثة لإعانتها على تحمل الجفاف والنمو كما لوحظ تحرك الماء من السوق إلى الأجزاء النامية والأوراق.

٢ ـ مرحلة النمو الخضرى:

يؤثر الجفاف بشدة على إنتاج الأجزاء الخضرية حيث يثبط الجفاف النمو الخضرى وخاصة انبساط الأوراق نتيجة الجفاف، ولقد وجد أن إنتاج الشعير والشوفان العلفيين قد تأثرا بشكل واضح وانخفض النتروجين فى الأوراق وكانت الأجزاء النامية فى النبات أكثر تأثراً بنقص الماء

وانخفض المحتوى البروتينى ، وتوقف نمو البراعم فى نبات الدخان عند جهد مائى –٧,٥ بار.
ويحدث بعض الضرر لأوراق النبات ومنها:

٢ - ١ - الجفاف ونمو الأوراق

٢ - ١ - أ - نمو الأوراق: إن أكثر الأعضاء تأثراً بالإجهاد الجفافى هى الأوراق ويلاحظ ظهور أعراض النقص بشكل سريع، والسبب فى التأثير على الأوراق وظهور أعراض الذبول عليها أثناء الجفاف هو زيادة ماء النتح على كمية الماء الممتص، وبالتالى تؤثر على الأوراق، أو يعمل على تثبيط انقسام الخلايا مما يؤدى إلى بطء تكون الأوراق الجديدة ووصول الأوراق المسنة إلى درجة الشيخوخة بسرعة نتيجة نقص التمثيل الضوئى.

إن صفة نمو الأوراق تعتبر حساسة جداً لإجهاد الجفاف حيث يحدث تثبيط لنمو الأوراق بمقدار ٥٠٪ عند نقص جهد ماء التربة ٨ بار فى نبات الذرة مقارنة بالكنترول. وتتوقف الاستطالة عندما يصل جهد ماء الأوراق إلى –٧:–٨ بارات أما إذا وصل جهد ماء التربة إلى –٥:–٢ بارات (إجهاد متوسط) فإن معدل النمو يعود لوضعه الأصلى بعد ثوانى من إعادة الرى. أما إذا تعرضت النباتات لإجهاد شديد نسبياً (–٣:–٦ بارات) فإن معدل نمو الأوراق لا يعود إلى أصله بعد إعادة الرى بل يستمر معدل النمو منخفضاً.

٢ - ١ - ب - الحساسية لاحتراق الأوراق Leaf Firing

تعد صفة الشيخوخة المبكرة للأوراق من الأعراض المعروفة للشد الرطوبى، وتدل هذه الصفة على موت أنسجة الورقة وذلك بسبب ارتفاع حرارتها الذى ينشأ عن توقف النتح فيها، علماً بأن درجة الحرارة العظمى المميتة لأوراق معظم النباتات تتراوح فى مدى من ٤٥: ٥٥ °م. وقد يمكن الاعتماد على ظاهرة احتراق الأوراق كدليل على مدى حساسية النباتات للجفاف، فمثلاً يتم تقييم نباتات الأرز لتحمل الجفاف وذلك بتقدير مدى جفاف قمة الأوراق بعد ٣٩ يوماً من آخر رية للحقل.

٢ - ١ - جـ - درجة حرارة الأوراق:

هناك علاقة ارتباط وطيدة بين كل من درجة حرارة الأوراق ومعدل النتح وذلك تحت ظروف نقص الرطوبة الأرضية ويعتبر هذا دلالة واضحة على مدى قدرة النبات على امتصاص الرطوبة الأرضية اللازمة وذلك لاستمرار عملية النتح (أى على مدى تشعب وكثافة النمو الجذرى)، وأن تقديرات Δ T تفيد فى التقييم لتحمل الشد الرطوبى حتى عند توفر الرطوبة الأرضية ، فقد وجد أن نسبة المحصول فى الحقول المروية إلى غير المروية لأصناف مختلفة من الدخن اللؤلؤى كانت مرتبطة ارتباطاً موجباً بتقديرات Δ T فى الحقول المروية. حيث إن Δ T عبارة عن الفرق بين درجة حرارة الهواء ودرجة حرارة النموات الخضرية أثناء النهار فى الأيام الصحوة. وفى محصول القطن نجد أن السلالات ذات درجات الحرارة الأعلى للنموات الخضرية فى القطع المروية كانت أقوى فى النمو مقارنة بالقطع غير المروية. كما وجد فى الدخن والسورجم أن السلالات والأصناف ذات النموات الخضرية الأعلى حرارة فى ظروف توفر الرطوبة الأرضية كانت أقل حساسية للتغيرات فى ضغط بخار الماء،- تحت ظروف الجفاف- وأكثر محصولاً من الأقل حرارة (عن Stark وآخرين ١٩٩١). وقد اتبعت طريقة تقدير درجة حرارة الأوراق في برامج التربية لتحمل الجفاف فى كل من القمح، والذرة، وفول الصويا (عن Blum ١٩٨٩)، حيث يتم انتخاب النباتات التى تكون درجة حرارة الأوراق منخفضة وذلك لقدرتها العالية على امتصاص الماء من التربة تحت ظروف الجفاف وذلك مقارنة بالنباتات التى تكون درجة حرارة نمواتها الخضرية متوسطة أو مرتفعة، ويمكن تقدير درجة حرارة الأوراق عن طريق ترمومتر يعتمد على الأشعة الحمراء المنبعثة من النباتات.

ومع ذلك فإن النباتات التى تكون حرارتها عالية (وهى التى ينخفض فيها معدل النتح) قد تكون هى النباتات المطلوبة وذلك عند الرغبة فى توفير الرطوبة الأرضية لمراحل أخرى من النمو تكون أكثر حساسية للنقص الرطوبى.

٣ - مرحلة الإزهار وتكوين البذور:

يؤثر الجفاف على النمو الثمري حيث يؤدى إلى حدوث ضرر عند بداية تكوين مبادئ الأزهار، وأيضاً عند تكوين النورات المذكرة والمؤنثة . كما يحدث انخفاض في نسبة التلقيح بدرجة كبيرة . وعند حدوث الجفاف وقت تكوين الأزهار فيؤدي إلى نقص فترة الإزهار ونقص الإخصاب وعقد الثمار . كما يحدث الجفاف وقت امتلاء القرون يؤدي إلى نقص عدد البذور ووزنها.

وتزداد الحساسية للجفاف فى مرحلة الإزهار وما بعدها بسبب اضطراب موازنة الماء الداخلى فى تلك المرحلة من النمو وذلك كما فى المحاصيل النجيلية وتسرع عملية تكوين الأجزاء الزهرية والثمرية عندما تتعرض النباتات للجفاف، إذ أن بعض النباتات فى تكوين الأعضاء الثمرية فى الوقت الذى لا تزال فيه أجزاء النبات خضراء، ويؤدى الجفاف إلى توقف الإزهار بوقت مبكر إذا كانت فترة الجفاف طويلة، أما إذا كانت فترة الجفاف قصيرة فإن الإزهار يتأخر وذلك دون أن يؤثر ذلك على عدد الأزهار.

وبعد أن يتم تكوين المجموع الخضرى فإن الجفاف لا يمنع تكوين الإزهار ولكن يعمل على عدم تكوين أوراق جديدة وهذا يعنى أن تأثير الشد المائى بعد الانتهاء من تمايز وتكوين الأجزاء الزهرية ليس كبيراً كما هو الحال فى الأنسجة الخضرية.

أما بالنسبة لمرحلة التزهير وتكوين البذور فإن تأثير الإجهاد المائى يكون كبيراً فى النباتات العشبية التى تكون فترة إزهارها وتكوين بذورها قصيرة (مثل الحبوب) ويكون تأثيره أقل على النباتات التى يستغرق إزهارها وإثمارها فترة أطول وعندما تكون فترة الجفاف محدودة.

ويؤدى الإجهاد المائى فى نهاية موسم محصول القمح (فترة تكوين وامتلاء البذور) إلى نقص فى المحصول وزيادة فى البروتين.

ولقد لوحظ فى محصول القمح عند تعرضه للجفاف لمدة ٣-٤ أسابيع بعد التلقيح أنه قد

حدث انخفاض فى وزن الحبوب واصفرار تدريجى فى لون السنبلة وتناقص فى وزن السيقان خلال مرحلة امتلاء الحبوب وذلك بسبب انتقال المواد النشوية من السيقان إلى الحبوب. وتختلف الأصناف عن بعضها فى تأثرها ، فنجد أن هناك أصنافاً تكون حساسة وأخرى تكون متحملة.

أما فى الشعير فإن أكثر المراحل حساسية للإجهاد المائى هى الفترة بين اكتمال تكوين السنبلة والتلقيح وهذا يوضح أن للجفاف التأثير الأكبر على انقسام الخلايا فى الأنسجة.

٤ ـ تأثير الجفاف على نمو الجذور:

يؤثر الجفاف تأثيراً كبيراً على كثافة الجذور فى التربة ويؤثر كذلك على توزيع كثافة الجذور فى التربة حيث وجد Clarke and Durley (١٩٨١) على نبات القطن أن هناك نقصاً واضحاً على كثافة جذور القطن فى التربة وذلك عندما يصل جهد ماء التربة إلى أقل من (-١) بار.

وقد وجد أنه يتغير توزيع كثافة جذور القطن فى التربة أثناء الجفاف، حيث إن المراحل الأولى من بداية جفاف التربة يحدث زيادة فى كثافة الجذور بالقرب من سطح التربة ، ولكن مع زيادة جفاف التربة تزيد كثافة الجذور قريباً من سطح التربة، ولكن مع زيادة جفاف التربة تزيد كثافة الجذور فى المناطق الأعمق من التربة لكى تبحث عن الماء وسبب ذلك أنه يحدث موتاً للجذور القديمة التى تكونت بالقرب من سطح التربة، وتنمو جذوراً جديدة فى المناطق العميقة من سطح التربة.

فالجفاف يحدث نقصًا تدريجيًا في معدل استطالة الجذر، وعموماً يقل نمو المجموع الخضري بدرجة أكبر من نقص الجذور، ولذلك تزداد نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الخضري.

وقد أوضح Craft (١٩٦٨) أن هناك علاقة وطيدة بين كثافة الجذور فى التربة وجفاف التربة – وقد ذكر أنه عند تأخير الرى إلى درجة الذبول المستديم فإن جذور النباتات الموجودة

بالقرب من سطح التربة تموت- ويقتصر فى هذه الحالة على امتصاص العناصر الغذائية الموجودة فى الطبقات السفلية من التربة عن طريق الجذور الجديدة التى تكون موجودة فى المناطق العميقة من التربة وفى مثل هذه الظروف قد يتم تثبيط النمو تماماً ويبقى معدل نمو النبات منخفضاً عند إعادة الرى.

وبالنسبة لتأقلم النباتات لإجهاد نقص الماء نجد أن قلة حساسية الجذور للجفاف مقارنة بالمجموع الخضرى مهمة جداً حيث يساعد ذلك على استمرار نمو وتعمق الجذور للبحث عن الماء، وأن حساسية المجموع الخضرى للجفاف يؤثر على نمو الجذور حيث إن الجذور تعتمد على الحصول على الغذاء من المجموع الخضرى.

٥ ـ تأثير الجفاف على نمو الساق:

يؤثر الجفاف على نمو الساق ، حيث وجد أن ساق الذرة عندما يصل جهدها المائى إلى -٥ بارات أو ماء التربة إلى -٨,١ بار فإن نموها يتوقف تماماً. وأن الأشجار الموجودة فى مناطق جافة تكون أقل طولاً من الموجودة فى مناطق رطبة - وأنه توجد علاقة طردية بين كمية المطر والزيادة السنوية فى طول النبات.

وقد وجد الصعيدى وخطاب (٢٠٠٠) أن هجن وأصناف الشعير قد تأثرت بالجفاف حيث أظهرت صفة ارتفاع النبات نقصاً واضحاً مقارنة بالرى العادى.

ثالثاً: تأثير الجفاف على العمليات البيوكيميائية :

١ - نقص البروتين وتدهوره وتأثر الأحماض الأمينية:

يؤثر الجفاف تأثيراً واضحاً على معظم النباتات فى كمية البروتين عند التعرض للجفاف، فقد انخفضت كمية البروتين فى نبات قصب السكر إلى النصف عند الذبول، كذلك نقصت كمية البروتين فى أوراق القمح عندما انخفض RWC إلى ٦٠٪ (Hsiao ١٩٧٣)، ويرجع ذلك لزيادة معدل التحلل أو النقص فى معدل التخليق أو الإثنين معاً. ويعتبر تحليل البروتين أحد

نتائج الضرر الناتج عن الجفاف فيتحول البروتين إلى الإسبارجين أو الفلوتامين اللذين ينتقلان إلى الأغصان الغضة القوية. ويسرع انحلال البروتين وذوبانه من هرم وشيخوخة الأغصان، مما ينقص من مقدرتها على تركيب البروتين.

فالجفاف يحدث عدم انتظام في تخليق البروتين في النباتات المعرضة للجفاف حيث إنه توجد علاقة بين تخليق البروتين ومحتوى الحمض النووي RNA ، فالجفاف يثبط نظام الحمض النووي RNA والمرتبط بتخليق البروتين ووجد أن النقص في تخليق البروتين يرجع إلى نقص السيتوكينينات والتأثير على تركيز الحمض الأميني البرولين.

ويؤثر الشد المائى فى انخفاض نسبة تشكل بعض الأحماض الأمينية وخاصة Alpha amino acids والببتيدات Peptides (بحيث لا تصل فى نسبتها إلى الكمية المطلوبة لتكوين البروتين.

وتنخفض فعالية إنزيم Nitrate reductase ، كما تنخفض عملية تثبيت الأزوت الناتجة عن فعل بكتريا التأزت المتعايشة (Huang *et al*1975) بسبب الإجهاد المائى.

ويعمل الإجهاد المائى على رفع نسبة الحمض الأمينى برولين Proline خلافاً لكافة الأحماض الأمينية الأخرى، ومصدر البرولين من حمض الجلوتيب Glutamate أو نقص أكسدته نظراً لنقص نشاط الإنزيم المحفز لأكسدته وهو إنزيم Proline dehydrogenase ويرجع نقص نشاط هذا الإنزيم لتراكم ABA فى الشعير (Dollmier and stewart 1992).

وينجم عن تفكك البروتين، تجمع النواتج السامة الناتجة عن التحلل إذ يسبب NH_3 الضرر عن طريق رفع (pH) الخلية مما يؤدي إلى اختلال فى التوازن الأيضى ويعوق مرور الماء.

ويؤدي الاضطراب في تركيب البروتين إلى اضطراب فى تشكل الأحماض النووية (DNA)و(RNA). ويزداد نشاط إنزيم (RNase) مما يسبب نقصاً فى تركيب البروتين، ونقصاً فى إنتاج الرايبوزومات العديدة Polyribosomes، وذلك لأن نشاط الإنزيم RNase يؤدي إلى

هدم RNAm الذي يربط الرايبوزومات الفردية مع بعضها مشكلاً معقدات الرايبوزوم المسئولة عـن تركيب البروتينات.

٢ ـ تأثيره على منظمات النمو بالنبات :

يؤثر الجفاف على منظمات النمو وذلك مثل حمض الأبسيسيك بالأوراق والإيثيلين فوجد أن الجفاف يسبب زيادة سريعة في تركيز حمض الأبسيسيك بالأوراق الذي أدى إلى قفل الثغور وزيادة نفاذية الجذور للماء والأيونات. أما الإيثيلين فالجفاف يؤدي إلى زيادته في الأوراق.

٣ ـ تأثيره على الأيض الكربوهيدراتي :

إن الجفاف يؤثر على عملية التمثيل الضوئي حيث يؤدي إلى نقص صافي عملية التمثيل الضوئي وذلك لنقص الإمداد بغاز CO_2 نتيجة انغلاق الثغور وبالتالي اختلال في عملية التمثيل الضوئي، وزيادة التحليل المائي للنشا وكذلك نقص تخليقه، وأن سرعة الفقد في النشا تكون مصحوبة بزيادة في السكريات الحرة.

٤ ـ اضطراب نشاط الإنزيمات

ذكر Todd (١٩٧٢) أنه قد وجد اختلافات فى نشاط ٢٥ إنزيماً نتيجة لحساسيتها للجفاف وأن هناك نقصاً فى مستوى عدد من هذه الإنزيمات نتيجة التعرض للجفاف وهناك إنزيمات يزداد نشاطها أثناء الجفاف. فقد وجد أنه ينخفض معدل NO_3 Reductase ويزداد نشاط إنزيم Catalase وإنزيم ribonuclease، α-amylase فى الأوراق وحمض Ascorbic acid فى القمح كما يزيد نشاط إنزيم RNase– وفى البذور فإن الجفاف يثبط نشاط إنزيم α-amylase.

البحث عن الصفات الممكنة لتحمل المحاصيل للجفاف والتكيف البيئى الواسع والنمط المثالى Ideotype:

لا يمكن تحديد مفهوم التكيف ببساطة ، فهو مصطلح غير ثابت وينتج عن تجمع عدد من الصفات ويمكن قياسه بشكل غير مباشر، ويعتبر إنتاج صنف معين من المحصول فى عدد كبير

من المواقع أفضل معيار (الثبات الوراثى).

ولتحديد مقدرة صنف ما على التكيف البيئى الواسع يمكن أن يزرع فى مناطق مختلفة عن بعضها، وبدراسة إنتاجية الصنف فى تلك المواقع نستطيع القول بأن هذا الصنف واسع التكيف البيئى إذا أعطى محصولاً عالياً فى أكبر عدد من المواقع المشار إليها. ويمكن اعتماد هذه النتائج فى برامج التربية تحت عنوان" تركيب وراثى نموذجى" للتكيف البيئى الواسع. ويمكن بعد ذلك أن يتم فيه تحسين صفات ثبات الإنتاج والنوعية .

وبالمثل نستطيع القول إن تحديد مفهوم النمط الزراعى المتفوق Superior agronomic type ليس أسهل من سابقه. ولا يتحدد النمط الزراعى المتفوق بصفة أو خاصية مفردة بل يتحدد بسلسلة من الخصائص التى تساهم فى تشكيل نمط وراثى محدد. وهنا أيضا يمكن قياس الخصائص والصفات الفردية ، كل منها مستقل عن الآخر باستخدام مقاييس مختلفة. ولكن قياس بعض الصفات ذو أهمية ضئيلة بالنسبة للمربى. حيث إن كل مربى يسعى إن يضع فى ذهنه صفات وخصائص مثالية عن النبات التام المتفوق (النمط المثالى) Ideotype عندما يريد أن يصل إلى النمط الزراعى المتفوق. ومع ذلك توجد بعض الصفات والخصائص فى النبات التى تستخدم كدليل فى البحث عن النمط الزراعى المتفوق لكل من الإجهادات المختلفة والتى يجب مراعاتها، ويجب أن يكون النمط الزراعى المتفوق تحت ظروف الجفاف يتميز بالآتى: وجود جهاز جذرى عميق- كفاءة استهلاكه للماء عالية (WUE) - النضج المبكر - قابليته لمنع فقد الماء - زيادة حمض البرولين - قابليته لتخزين الماء -المجموع الخضرى أقل نسبة للمجموع الجذرى - النشاط التمثيلى عالى - قلة عدد الأشطاء بحيث تكون هذه الأشطاء حاملة للسنابل. وقد ذكر عبد الحميد سالم أنه عند حدوث الجفاف فى القمح فى طور امتلاء الحبة Filling stage، فإن التربية تكون لـ :

١- الطرز المسفاة. ٢- الأوراق الضيقة. ٣- التفريع الأقل.

٤- النشاط التمثيلى العالى. ٥- المجموع الجذرى القوى.

ولكن يجب أن نضع فى الاعتبار عند انتخاب الأنماط الزراعية المتفوقة بعض العوامل التى تحول دون تحقيقه ومنها:

أ-وجود أنماط زراعية عديدة ذات صفات وخصائص رديئة من الصعب العمل عليها، وتورث خصائصها السيئة لأنسالها (كارتباط المورثات الجيدة مع المورثات السيئة ارتباطاً سلبياً).

ب-الانتخاب من أجل التبكير يؤدى إلى عدم الحصول على أنماط زراعية متفوقة . ويعود ذلك إلى أن عمر الآلة النباتية الخضراء قصير إلى درجة لا تسمح بتطور جيد لعوامل المحصول ومكوناته مما يؤدى إلى انخفاض إنتاجها.

أما فى المناطق الجافة وشبه الجافة فيجب أن لا يغيب عن ذهن المربى حقيقة أن الجفاف هو العامل الرئيسى الذى يحد من إنتاج الحبوب الصغيرة فى أغلب مناطق العالم. كما يجب ألا يغيب عن الذهن أن معظم إنتاج الغذاء عالمياً يجب أن يأتى من المناطق شبه الجافة حيث يكون الرى محدوداً أو بلا رى لكى يتحقق الهدف العالمى فى إنتاج الغذاء، ولذلك نجد أن برامج تربية النبات المهتمة خصوصاً فى زيادة تحمل الجفاف وتحسين العوامل النباتية المتحكمة بزيادة كفاءة استخدام الماء (Water use efficiency (WUE فى المحاصيل صغيرة الحبوب هى برامج قليلة جداً .

ويرجع الجفاف للظروف الجوية أو نتيجة لجفاف التربة.

ويضع مربي النبات عند التربية فى اعتباره عند مقاومة الجفاف ما يلي:

١- الوقت الذى يحدث عنده الجفاف.

٢- نوع الجفاف الذى يحدث هل جفاف ناجم عن الظروف الجوية المحيطة أم جفاف فى التربة.

٣- الارتباط بين المقاومة للجفاف وانخفاض كمية المحصول.

فإذا حدث جفاف فى طور امتلاء الحبوب، فإن التربية فى هذه الحالة تكون للطراز ذى السفا وذى أوراق ضيقة ومجموع جذرى قوى وتفريع أقل ونشاط تمثيلى عالى.

أما بالنسبة للارتباط بين المقاومة للجفاف وانخفاض كمية المحصول، فإن التربية فى هذه

الحالة تكون عن طريق اختيار الآباء الداخلة فى برامج التهجين، وزيادة عدد النباتات فى الأجيال الانعزالية وذلك للحصول على بعض النباتات المقاومة للجفاف وفى نفس الوقت تكون محتفظة بمحصول عالى.

لذلك يجب على المربين:

١- تسريع العمل فى التربية من أجل مقاومة الجفاف.

٢- تسريع العمل فى زيادة العوامل النباتية المسئولة عن رفع كفاءة استهلاك الماء فيه.

٣- الاستفادة من معطيات العلوم الأخرى كالفسيولوجيا والفيزياء وغيرها فى تحقيق ذلك.

ويجب أن تقدم لنا المجموعة الأخيرة تحديد ردود الفعل الخاصة بالصفات المورفولوجية والفسيولوجية المتاحة واقتراح التقنيات البسيطة لغربلة واختيار صفات التحمل للجفاف الممكنة فى النبات.

ولقد حقق المربون تقدماً جيداً فى التربية لمقاومة الجفاف، وزيادة كفاءة استهلاك الماء، وما زالت الحاجة ماسة لإجراء أبحاث معمقة لتحديد الصفات والخصائص المسئولة عن ذلك.

وسنستعرض فى هذا الموضوع الأساليب التى تتغير بها بعض الخصائص والصفات المورفولوجية المتاحة، تفاعل المحصول مع الوسط البيئى ، وبالتالى زيادة مقاومته للجفاف ورفع كفاءته لاستخدام الماء.

وتتميز النباتات الجفافية بالآتى:

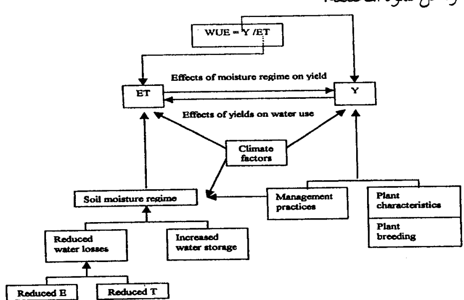
أولاً: رفع كفاءة استخدام الماء

إن النجاح فى إنتاج المحاصيل تحت ظروف الجفاف يعتمد على النجاح فى تطبيق أساليب زراعية خاصة تزيد من الاستفادة من كمية المطر الفعال والمخزن فى منطقة انتشار المجموع الجذرى.

إن العوامل تتداخل وتؤثر فى كفاءة استخدام ماء الرى Water use efficiency

(WUE=Y/ET) تحت الظروف الجافة، حيث يتبين أن أى زيادة فى قيمة Y (المحصول) أو نقص (ET) النتح-بخر تزيد قيمة (WUE). وإذا زاد البسط بنفس معدل زيادة المقام فإن قيمة (WUE) لاتغير ، وما تحققه أساليب الزراعة تحت الظروف الجافة هو العمل على زيادة (Y) وتقليل (ET) لزيادة (WUE) إلا أن ذلك يعتبر صعباً حيث يرتبط هذان العاملان ارتباطاً طردياً مع بعضهما البعض، وبالتالى فإن العمل على أن يكون معدل زيادة البسط كبيراً بينما يكون معدل زيادة المقام قليلاً يؤدى إلى أن تكون كفاءة استخدام الماء مناسبة، ويتأتى ذلك عن طريق تطبيق تقنيات زراعية مناسبة حيث إن الصنف المناسب والخدمة المناسبة للأرض يزيد من قيمة المحصول (Y)، بينما تؤدى عمليات المحافظة على رطوبة التربة ومواكبة منحنى النمو ومنحنى سقوط المطر مع موعد الزراعة المناسب إلى تقليل الماء المفقود بالنتح بخر (ET) وبذلك تزيد قيمة WUE وهو أحد الأهداف الرئيسية المهمة فى الزراعات الجافة (شكل ٥).

وتتحدد كفاءة استهلاك الماء بنسبة وزن المادة الجافة المنتجة إلى وزن الماء الممتص عن طريق الجذور خلال مراحل نموه المختلفة.



شكل (٥): العوامل المؤثرة وتداخلاتها فى تحديد كفاءة استخدام الماء (WUE)، النتح – بخر (ET)، المحصول (Y).

Cf.Physiological aspects of dry land farming. Edited by Gupta, U.S. (1975). Oxford & IBH Publishing Co.

ونظراً لأهمية الفقد الرطوبى ، ومعدل البناء الضوئى تحت ظروف الجفاف فى تحمل النباتات للجفاف فإن تلك القيم تدخل فى معادلات حساب المحصول البيولوجى والمحصول الاقتصادى ، كمايلى:

$$W= mT/E_0$$

حيث إن :

W = المحصول البيولوجى.

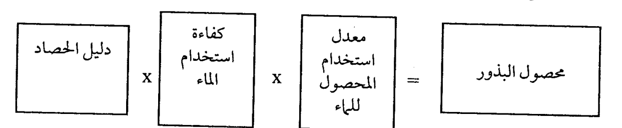
m= ثابت خاص بالنبات.

T= النتح الخاص بالمحصول Crop Transpiration.

E_0 = التبخر السطحى والنتح الممكنان للمحصول Potential Evapotranspiration

ويمكن استبدال القيمة T بالقيمة E_a ، وهى التبخر السطحى والنتح الفعليان للمحصول.

أما المحصول الاقتصادى فيقدر بالمعادلة التالية:



$$EY=E_a \times WUE \times HI$$

حيث إن:

EY= المحصول الاقتصادى.

WUE = كفاءة استعمال الماء Water use efficiency (كمية الماء المفقود مقابل كل وحدة وزن للمادة العضوية المصنعة).

HI= دليل الحصاد (عن Blum ١٩٨٩).

وتختلف التراكيب الوراثية للمحصول الواحد فى كفاءة استخدام الماء تحت ظروف الجفاف، حيث وجد سعد الله (٢٠٠١) أن هناك اختلافات معنوية للتراكيب الوراثية لمحصول القمح فى كفاءة استخدام الماء وأن الأصناف القصيرة أكثر كفاءة فى الاستخدام عن الأصناف الطويلة تحت ظروف الجفاف.

ثانياً: التهرب من الجفاف:

أ - الإنبات :

عندما تواجه البذور النابتة ظروف إجهاد مائى فإن الإنبات يتوقف ثم يعود للاستمرار عند توفر الرطوبة ودون أن يؤثر ذلك على حيوية النبات. ويعتقد بأن قدرة البذور على الإنبات فى ظروف الجفاف (نسبة الإنبات وسرعته) ترتبط بمدى قدرة النباتات الأكبر على تحمل تلك الظروف. وبالفعل فإنه قد وجدت اختلافات بين أصناف وسلالات القمح والذرة فى نسبة وسرعة إنبات بذورها تحت ظروف الجفاف.

وقد اختلف الباحثون بشأن الارتباط بين صفتى القدرة على الإنبات تحت ظروف الجفاف وتحمل النباتات لتلك الظروف فى مراحل النمو اللاحقة. ويسود الاعتقاد بأن هذا الارتباط ضعيف أو غير موجود، وخاصة أن بذور بعض النباتات مثل القمح تبدى قدراً كبيراً من التحمل لظروف الجفاف إلى أن يكتمل إنباتها، ولكن بادراتها تكون شديدة الحساسية لنقص الرطوبة الأرضية بمجرد خروجها من التربة.

ب - نمو البادرات:

وجد فى الذرة ارتباط كبير بين قدرة البادرات على النمو فى ظروف الجفاف وقدرة النباتات البالغة على تحمل تلك الظروف . ويمكن الاعتماد على اختبار قدرة البادرات عند تقييم آلاف النباتات فى الأجيال الانعزالية، ثم انتخاب النباتات المتميزة منها لاستمرار اختبارها فى المراحل المتقدمة من نموها .

جـ - عدد الأشطاء

وجد أن النباتات قليلة التفريع والتى تزيد فيها نسبة الأفرع الحاملة للسنابل تكون أكثر مقاومة للجفاف وذات محصول أعلى من الأصناف غزيرة التفريع تحت ظروف الأمطار الشحيحة. وقد ذكر عبد الحميد سالم (١٩٩٤) أن التربية فى مرحلة امتلاء الحبة لمحصول القمح يكون لصفة التفريع الأقل.

د - النضج المبكر

وذلك بغرض الهروب من الجفاف حتى يستكمل النبات نموه خلال فترة سقوط المطر فى المناطق المطرية ونقص معدل النتح بخر. ويفيد التبكير فى النضج فى زيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية عند نقص الرطوبة الأرضية وهو كما أسلفنا يعد إفلاتاً من ظروف الجفاف لأنه لا يجعل النبات أكثر تحملاً لظروف الجفاف إذا تعرض لها . وقد وجد فى القمح على سبيل المثال ارتباط سالب قوى بين محصول الحبوب وعدد الأيام حتى بدء ظهور السنبلة، وأمكن إرجاع ٤٠-٩٠٪ من الاختلافات بين السلالات فى محصول الحبوب تحت ظروف الجفاف إلى مدى التبكير فى النضج، كما توصل الباحثون إلى أن محصول قمح الشتاء يزداد فى ظروف الجفاف بمقدار ٥٤-١٢٠ كجم/ هكتار مع كل تبكير فى النضج بمقدار يوم واحد فى الأصناف الأكثر تبكيراً من الصنف Kharkof.

وقد وجد الصعيدى وخطاب (٢٠٠٠) أن بعض هجن الشعير اتجهت ناحية التبكير تحت ظروف الجفاف. وأوضح خليل شخاتره وآخرون (١٩٩٩) أن صفة التبكير تعتبر دليلاً على الإنتاجية العالية تحت الظروف المطرية المتدنية لمحصول الشعير فى الأردن.

ويجب الحذر عند الاعتماد على التبكير فى النضج بهدف الانتخاب لزيادة المحصول فى ظروف الجفاف، فهذه الصفة لا تفيد كثيراً إلا عند اعتماد الزراعة على مخزون الرطوبة في التربة، أما فى السنوات الكثيرة الأمطار، أو عند الاعتماد على الرى فى إنتاج المحصول، فإن الأصناف المبكرة قد تغل محصولاً أقل من نظيرتها المتأخرة أو المتوسطة النضج.

ثالثاً: إدامة الموازنة المائية داخل النبات.

ويتم ذلك بتقليل النتح ورفع كفاءة امتصاص الماء تحت ظروف الإجهاد المائى.

أ - كفاءة امتصاص الماء (المجموعة الجذرية) :

من تأقلمات الجذور لمقاومة الجفاف هو قيامها بتخزين الماء فيها، وكذلك تتميز بعض الأنواع النباتية بمقدرتها على سرعة إنتاج ما يسمى بالجذور المطرية root rains التى تمتد قريباً من سطح التربة لتمتص الأمطار الخفيفة المتساقطة فى الصيف ثم تموت عند توقف المطر (Levitt ١٩٨٠)- كما أن جذور النباتات المتأقلمة للجفاف تغطى بمادة تمنع فقد الجذور للماء إلى التربة الجافة – وكذلك زيادة مقاومة الجذور لحركة الماء مما يسبب نقصاً فى معدل توصيل الماء للسطح الناتج وبالتالى ينقص معدل النتح.

وتزيد كفاءة امتصاص النباتات للماء عن طريق تطوير مجموع جذرى قادر على التغلغل والتعمق فى باطن التربة. ولقد توصل مربو الذرة الصفراء إلى الحصول على جذور سطحية وعميقة فى آن واحد، وذلك لامتصاص الرطوبة من أعماق مختلفة تحت ظروف الإجهاد المائى.

وتتمتع الذرة البيضاء بامتلاكها لمجموع جذرى ذى تفرعات تعادل ضعف تفرعاتها فى الذرة الصفراء.

واستطاع بعض مربى النبات الحصول على أصناف من القمح والشعير تقاوم الجفاف عن طريق امتداد جذورها إلى عمق يقارب ٢ م.

وينصح بالزراعة العميقة للوصول للمنطقة الرطبة تحت سطح الأرض (على عمق ١٠- ١٥ سم) كما أن الجذور الجنينية تتعمق لمسافات كبيرة نسبياً للوصول للماء المخزن بقطاع التربة إلا أنه من المتوقع نقص نسبة الإنبات .

وقد تأيدت العلاقة بين النمو الجذرى الكثيف وتحمل ظروف الجفاف فى كل من الأرز الـ upland، والسورجم، وفول الصويا.

فقد وجد فى محصول الأرز والذرة أن الانتخاب لصفة المحتوى المائى الجيد للأوراق- تحت ظروف الجفاف يعنى تحسن تلقائى فى النمو الجذرى للنباتات المنتخبة (عن Blum١٩٨٩).

كذلك تبين فى القمح وجود علاقة كبيرة مؤكدة بين النمو الجذرى وزيادة كفاءة استخدام الماء للنباتات فى مراحل نموها الأولى (عمر أسبوع إلى شهر فى دراسات مختلفة) حيث إنه عند اكتمال نموها ونضجها فإن الجذر المتعمق يؤدى لزيادة كفاءة استخدام الماء (Asseng *et al.*,1998).

ب- رفع نسبة الجذور إلى المجموع الخضرى:

تستطيع النباتات ذات النمو الجذرى الكبير المتعمق والكثير التفريع فى التربة أن تمتص الماء من أعماق كبيرة من التربة الأمر الذى يؤخر احتمالات جفاف أنسجتها.

إن ارتفاع قوة امتصاص الجذور للماء يتم عن طريق زيادة الضغط الأسموزى (نقص الجهد الأسموزى) فى خلايا الجذر مما يمكن الجذر من امتصاص الماء من التربة ذات المحتوى المائى المنخفض. وتوجد اختلافات وراثية كبيرة- داخل النوع النباتي الواحد- فى كثافة النمو الجذرى، وفى نسبة الجذور إلى النموات الخضرية، علماً بأن تلك النسبة تتغير فى النبات الواحد بتغير مرحلة نموه. ويكون النمو الجذرى الكثيف دائماً على حساب النمو الخضرى لأن الجذور تحصل على الغذاء اللازم لنموها من النموات القمية التى تقوم بعملية البناء الضوئى.

وتتأثر نسبة الجذور إلى النموات الخضرية بعوامل أخرى لا دخل للجذور فيها، مثل سقوط أوراق الأشجار ذات الأوراق المتساقطة، ونقص المساحة الكلية للأوراق، وهو ما يعد أحد أهم الأسباب التى تجعل النباتات الصحراوية تتحمل البقاء تحت ظروف الجفاف، إلا أن نقص المساحة الورقية الكلية يصاحبه نقص فى قدرة النبات على البناء الضوئى. ولا توجد أدلة على توفر اختلافات فى صفة سقوط الأوراق داخل النوع النباتى الواحد.

جـ - السيطرة على تقليل فقد النبات للماء :

جـ - ١ - تقليص سطح الأوراق وإسقاطها.

إن أكثر الأعضاء النباتية تأثراً بالإجهاد الجفافى هى الأوراق ، حيث تظهر أعراض النقص بشكل سريع ويتم ملاحظته وظهوره على الأوراق.

وهناك بعض النباتات يتم سقوط أوراقها عند التعرض للجفاف وذلك لتقليل معدل النتح خاصة فى بداية فصل الصيف أو منتصفه.

إن بعض النباتات الجفافية مثل *Retama raetem* تحتوى على ساق خضراء وأوراقها صغيرة تتساقط عند التعرض للجفاف ، حيث تقوم الساق بعملية البناء الضوئى، وهناك أيضاً نبات *Zygophyllum dumosum* تتساقط فيها أنصال الأوراق وتبقى أعناق الأوراق ويحدث فى هذا النبات تغيرات تركيبية عند التساقط تعمل على عدم انفتاح الثغور Kozlowski (١٩٦٨) وأيضا نباتات القمح عندما تتعرض للجفاف يزداد معدل تساقط الأوراق (Clarke and Durley ١٩٨٢).

ونجد أن النباتات التى تقاوم الجفاف يحدث بها تحورات فى الأوراق تساعد على الاتزان المائى عن طريق اختزال السطح الناتج.

جـ - ٢ - تركيب الورقة.

جـ - ٢ - ١ - وجود الأوبار والطبقة الشمعية.

تعمل الطبقة الشمعية السميكة الموجودة على سطح الأوراق (الأديم الشمعى) على زيادة تحمل النباتات للجفاف لأنه يخفض النتح الأديمى، كما يفيد فى زيادة انعكاس الأشعة الشمسية من على سطح الأوراق. وقد تأكدت علاقة الأديم السميك بنقص النتح وزيادة المحصول تحت ظروف نقص الرطوبة الأرضية فى السورجم. كذلك تعكس الأوراق التى تكثر شعيراتها الأشعة الشمسية بدرجة أكبر بكثير من الأوراق عديمة الشعيرات، الأمر الذى يعمل على خفض درجة

حرارة الأوراق ، ومن ثم خفض معدل نتح الماء منها، ويرى Parker (١٩٦٨) أن ترسيب الشمع بين ألياف السليولوز والبكتين فى الجدر الخلوية مهم جداً فى نقص النتح الأدمى.

جـ-٢-٢- زيادة سمك طبقة القشرين Catine على الجدران الخلوية.

جـ-٢-٣- تخانة عروق الورقة.

جـ-٢-٤ - خلايا البشرة صغيرة ، وكذلك النسيج الورقى.

جـ-٢-٥- تكون الأشواك Thorns.

جـ-٢-٦-صغر حجم الثغور.

جـ-٢-٧- تكون الشكل العصارى

جـ-٢-٨- قلة المسطح الورقى

جـ-٢-٩ - تقارب عروق الورقة من بعضها البعض.

جـ-٢-١٠ - اللون الفضى للورقة والذى يعمل على انعكاس أشعة الشمس.

جـ-٢-١١ - التفاف الأوراق.

يعتبر التفاف الأوراق من الأعراض المميزة للشد الرطوبى فى النباتات، كما يعتبر وسيلة من جانب النباتات لتقليل فقد الرطوبة بالنتح. وقد لوحظ وجود اختلافات بين أصناف وسلالات الحبوب فى مدى التفاف أوراقها تحت ظروف الجفاف، وارتباط تلك الاختلافات بظواهر أخرى فسيولوجية وثيقة الصلة بقدرة النباتات على تحمل الجفاف. ففى الأرزكان هناك قلة فى التفاف الأوراق فى بعض السلالات تحت ظروف الجفاف وهذا يرجع إلى تمتع تلك السلالات بقدر أكبر من التنظيم الأسموزى.

بينما وجد فى القمح، والسورجم، وفى سلالات أخرى من الأرز أن انخفاض التفاف الأوراق فيها كان بسبب ارتفاع محتواها الرطوبى. ولا شك فى أنه يمكن الاعتماد على خاصية

تأخر ظهور حالة التفاف الأوراق عند نقص الرطوبة الأرضية كدليل على استمرار بقاء الخلايا النباتية ممتلئة ومنتفخة turgid تحت تلك الظروف ويستفاد من تلك الخاصية فى برامج تربية الأرز والذرة والسورجم لتحمل الجفاف.

وقد وجد أن نبات قصب الرمال يحتوى على خلايا حركية تسبب التفاف الأوراق عند فقدها الماء وتنبسط أوراقها عند امتلائها بالماء.

ويقاس التفاف الأوراق بمعامل الالتفاف Rolling index وهو عبارة عن النسبة بين عرض الورقة المعرضة للإضاءة إلى عرض الورقة الكلى وقد وجد أن هناك علاقة بين معامل الالتفاف والجفاف فى نبات السورجم ، حيث وجد أنه ينقص معامل الالتفاف فى الأيام العادية بينما يزداد عند التعرض للجفاف.

جـ-٢-١٢- الزاوية التى تصنعها الورقة مع الساق:

تتميز بعض النباتات بقدرتها على تحريك أوراقها بحيث تبقى دائماً موازية لأشعة الشمس، الأمر الذى يقلل بشدة من الطاقة الإشعاعية التى تكتسبها الأوراق، والتى تؤدى فى حالة اكتسابها إلى قلة فقد الرطوبة من الأوراق، لذلك فإن حركة الأوراق تعد إحدى الوسائل التى تجعل النباتات تتحمل الجفاف، وكذلك تتحاشى الأوراق القائمة الأضرار الناتجة عن التعرض للأشعة الشمسية والحرارة المرتفعة مقارنةً بالأوراق الأفقية، كما أن دليل مساحة الأوراق الأمثل لها يكون كبيراً. أما فى المراحل الأولى للنمو نجد أن الأوراق تتحرك لتأخذ وضعاً أفقياً لسطح الأرض حتى تعمل على تقليل عملية البخر من سطح الأرض وبالتالى تحافظ على رطوبة التربة.

جـ-٣- قلة عدد الثغور فى الورقة ووجودها على السطح السفلى:

هناك بعض الأنواع النباتية تتأقلم لمقاومة الجفاف عن طريق نقص عدد الثغور فى وحدة المساحة من الورقة أو ثغور غائرة Sunken stomata وتساعد هذه الثغور على نقص الماء من الماء المفقود فى النتح وذلك لزيادة الطبقة المحيطة (Clarke and Durley ١٩٨٢).

وقد وجدت اختلافات وراثية كبيرة فى كثافة الثغور بالأوراق. فمثلاً، وجد فى سلالات مختلفة من الشعير- أن نقص كثافة الثغور بمقدار ٢٥٪ كان يصاحبه نقص فى معدل النتح قدره ٢٤٪، دون أن يكون لذلك أى تأثير فى معدل البناء الضوئى.

ووجد عبد الرحيم (١٩٩٩) فى محصول القمح أن انفتاح الثغور ومعدل النتح قد نقص معنوياً فى النباتات النامية تحت ظروف الجفاف.

جـ - ٤ - انسداد المسام عند مجابهة الشد المائى:

تنغلق الثغور عندما تتعرض النباتات للشد الرطوبى وذلك لخفض كمية الماء التى تفقدها النباتات بالنتح. وتختلف درجة الشد الرطوبى التى تستحث الثغور على الانغلاق باختلاف الأنواع النباتية. وتختلف أصناف القطن فى مدة بقاء ثغورها مفتوحة أثناء النهار، ومن المهم أن تستجيب الثغور وتنغلق بسرعة عند نقص الرطوبة الأرضية، وبالرغم من أن ذلك الانغلاق يكون على حساب تبادل الغازات والبناء الضوئى.

فقد وجد Clarke and Durley (١٩٨١) أن انغلاق الثغور ربما يرجع إلى حمض الأبسيسيك عند التعرض للجفاف.

جـ - ٥ - تحورات الساق

تحدث تحورات فى الساق تساعد النبات على مقاومة الجفاف كما ذكرها Parker ١٩٦٨ ومن هذه التحورات:

جـ-٥-١- تحورات تساعد على منع فقد الماء.

جـ-٥-٢- تحورات تساعد عليتخزين الماء.

جـ-٥-٣- تحورات تساعد على نقص المقاومة لحركة الماء.

جـ - ٦ - وجود الشعيرات والسفا:

يتحمل الكلوروفيل الموجود بالسفا الإجهاد الجفافى والحرارى – ونظراً لما يساهم به السفا من امتلاء الحبة لذلك يلزم زراعة الأصناف المسفاة لمحصولى القمح والشعير تحت ظروف المناطق الجافة وشبه الجافة حيث تم مقارنة الأقماح المسفاة بغير المسفاة ووجدوا أن الأقماح المسفاة غالباً ما تتفوق فى إنتاجيتها تحت ظروف الجفاف.

جـ - ٧ - لون النبات:

إن اللون الباهت يزيد من إمكانية النبات على أن يعكس الإشعاع الضوئى مما يقلل من الإشعاع الصافى الذى يستقبله النبات فيؤدى ذلك إلى انخفاض معدل النتح – بخر فى النبات وانخفاض حرارته مما يؤدى إلى زيادة كفاءة استهلاك الماء.

جـ - ٨ - ناتج القش Straw yield:

النبات الجيد هو الذى يستطيع القيام بتكوين كمية كبيرة من المادة الجافة مع توظيف القسم الأكبر فى إنتاج الحبوب مثل الشعير ولذلك يلزم الانتخاب للقيم المرتفعة من دليل الحصاد Harvest index (محصول الحبوب / المحصول البيولوجى).

رابعاً: المقاومة لفترة طويلة:

أ - التنظيم الأسموزى للأوراق.

وجد كاميلى ومهديد (١٩٩٩) أن تعرض نباتات الذرة للجفاف أدى لزيادة الضغط الأسموزى فى النباتات ووصل إلى ٥٢٦ ملى مول/ كجم عند بداية قاعدة الورقة . ويحدث التنظيم الأسموزى من خلال تراكم المواد العضوية الذائبة فى السيتوبلازم.

ويعتبر بقاء الخلايا منتفخة أمراً حيوياً وذلك بالنسبة لنمو الخلية وزيادة حجمها، ولذلك فإن انتفاخ الخلايا الدائم يعد أمراً ضرورياً وذلك لاستمرار النمو النباتى. ونظراً لأن نقص الرطوبة الأرضية يؤدى إلى فقدان الخلايا لبعض رطوبتها- الأمر الذى يؤدى إلى انكماشها- فإن

نقص الرطوبة يؤدى إلى نقص فى معدل النمو النباتى، بما فى ذلك نمو المجموع الجذرى الضرورى لاستمرار امتصاص الماء لأكبر قدر ممكن من التربة قليلة الرطوبة.

ويمكن المحافظة على بقاء الخلايا منتفخة ببعض وسائل التأقلم، مثل: صغر حجم الخلايا ، وزيادة الضغط الأسموزى للخلايا، وزيادة مطاطية الأغشية الخلوية فيما يعرف باسم التنظيم الأسموزى.

وقد وجد عبد الرحيم (١٩٩٩) أن الضغط الأسموزى والماء المرتبط فى الأوراق قد زاد بزيادة معدل الجفاف لمحصول القمح.

ومن أهم المركبات التى تتراكم عند التعرض للإجهاد الجفافى كما ذكرها Hughes وآخرون (١٩٨٩) هى كمايلى:

Glutathione, Ascorbate, Proline, Betaine

Alpha-tocopherol, Polyols (mannitol, sorbitol, pinitol)

كما يزيد أيضاً حمض الأبسيسيك (ABA) فى الأوراق – ويزيد تركيز السكريات التى كان لها دور مهم فى تعديل الأسموزية مما يزيد تحمل النبات للجفاف.

فقد وجد Loveyer (١٩٧٧) أن كمية حمض الأبسيسيك (ABA) فى العنب قد تضاعف فى خلال ١٥ دقيقة من التعرض للإجهاد الجفافى ووصلت كميته إلى ٤٤ ضعفاً خلال ستة أيام ، وقد أثبت أن معظم حمض الأبسيسيك يتم تخليقه فى البلاستيدات الخضراء فى الأوراق ثم تنتقل إلى بقية أجزاء النبات – وقد يحدث أن يتسرب حمض ABA من أغشية البلاستيدات الخضراء ويزيد تركيزه فى السيتوبلازم.

وذكر Bray (١٩٨٨) أن أوراق الطماطم المقطوعة يزيد فيها كمية حمض الأبسيسيك إلى ٢٢ ضعفاً عندما تفقد ١٢٪ من وزنها الرطب.

ذكر Clarke and Durley (١٩٨١) أنه يحتمل أن يكون لحمض الأبسيسيك المتراكم فى

الأوراق عند التعرض للإجهاد الجفافى دور كبير فى انغلاق الثغور، حيث يستحث هذا الهرمون انغلاق الثغور ، حيث أجريت تجربة على طفرة من الطماطم ، ووجد أن هذه الطفرة ذبلت أثناء الجفاف حيث استمر فيها النتح وانفتاح الثغور وكان مستوى ABA منخفضاً فى هذه الأوراق ولكن أمكن التغلب على ذبول الأوراق برش النبات بـ ABA.

وقد أجريت بحوث كثيرة لمحاولة فهم الميكانيكية التى تتم بها ملاحظة النمو وذلك تحت ظروف الجفاف ومن هذه الدراسات وجود إشارات يتم نقلها من الجذر إلى المجموع الخضرى والتى قد تكون هرمونية مثل حمض الأبسيسيك (Davies and Zhang ١٩٩١). ويعتقد أن للسكريات دوراً فى ثبات البروتين أثناء الجفاف ويقل انتقال الستوكينين من الجذر إلى الساق. وقد تلعب هذه المركبات دوراً مهماً فى زيادة ثبات الأغشية الخلوية والمركبات العضوية ذات الجزيئات الكبيرة Macromolecule، وحمايتها.

وقد وجد Acevedo وآخرون (١٩٧٩) أنه قد حدث تراكم لبعض المواد فى خلايا الورقة لتعديل الأسموزية فى منتصف النهار وذلك لمقاومة الجفاف.

وقد تبين من الدراسات التى أجريت على ظاهرة التنظيم الأسموزى أن سلالات القمح والشعير التى أظهرت قدراً عالياً من تلك الخاصية كان محصولها أعلى من السلالات الأخرى الأقل مقدرة على التنظيم الأسموزى تحت ظروف الجفاف وذلك نتيجة لتراكم البرولين مع الجزيئات الكبيرة التى تساعد على الاحتفاظ بنسبة من محتواها المائى أثناء التجفيف، كما تميزت سلالات السورجم الأكثر قدرة على تحمل الجفاف بتنظيم أسموزى عالي نتيجة لتراكم مركب البرولين بكثرة عند التعرض للجفاف.

ب ـ قابلية استمرار وجود احتياطى من الماء فى الأنسجة.

ب-١ – قابلية خزن الماء:

يعد مخزون الماء فى الجدر الخلوية Apoplastic Water السميكة احتياطياً يفيد فى تأجيل

جفاف الأنسجة النباتية حال تعرض النباتات لنقص فى الرطوبة الأرضية. وقد لوحظ وجود مخزون كبير من هذا الماء فى النباتات التي تتحمل ظروف الجفاف، ويعنى ذلك أن الجدر الخلوية السميكة التى تكون أكثر قدرة على تخزين الماء تعتبر من العوامل المهمة في تحمل النباتات للجفاف. حيث يمكن لبعض النباتات تخزين الماء فى خلايا خاصة تسمى الخلايا المائية Water cells وتصبح هذه الخلايا مصدراً مائياً للخلايا الأخرى أثناء الجفاف.

ب ــ ٢ ــ قابلية منع فقد الماء:

تتكون أعضاء أرضية متشحمة وتكون هذه الأعضاء مغطاة بأغطية أو أغلفة فلينية تمنع فقد الماء.

جـ ـ تقليل جفاف البروتين:

جـ-١ - عن طريق زيادة تكوينه.

وتتميز حبوب الشعير فى المناطق شبه الجافة بالارتفاع النسبى للمحتوى البروتينى . لذا يجب الانتخاب للحبوب ذات المستوى البروتينى المرتفع مع الارتباط بالمحصول العالى.

جـ-٢- تقليل تحلله وفقدانه.

يجب على مربى النبات أن ينتخب النباتات التى يكون تحلل البروتين وذوبانه قليلاً لأن سرعة تحلل وذوبان البروتين تؤدى إلى شيخوخة الأغصان وبالتالى تقل مقدرتها على تركيب البروتين.

د ـ تجميع الحمض الأمينى برولين :

قد يصل نسبة البرولين فى أنسجة نباتات الحبوب المعرضة للإجهاد المائى إلى ٥-١٠ ٪ من الوزن الجاف فى القمح حيث يرتفع تركيزه نتيجة لتعرضه لظروف الجفاف. وكان تراكم البرولين بدرجة أكبر فيسلالات الشعير الأكثر قدرة على تحمل الجفاف.

ويعتبر البرولين من أبرز المركبات التى عرفت بعلاقته بتنظيم الضغط الأسموزى فى

النباتات حيث يحدث ارتفاع تركيزه عند تعرض النباتات لظروف الجفاف. وقد وجدت علاقة بين تركيز البرولين والرطوبة الأرضية فى كل من: عشب برمودا، والشعير، والسورجم، والقمح. حيث وجد مصطفى وآخرون (٢٠٠١) أن تراكم البرولين فى أجزاء النبات المختلفة لمجموعة أصناف من القمح بأنها خاصية مهمة لتحمل مجموعة من العوامل غير الحيوية.

وقد وجد ابن العريبى ومرغم (٢٠٠٣) أن مقدار البرولين يتزايد تحت معاملتى ١٢,٥، ٢٥٪ من السعة الحقلية عنها فى المعاملتين ٥٠ ، ٧٥٪ من السعة الحقلية واختلف مقدار تراكم البرولين باختلاف الأصناف فى القمح.

هـ - Aquaporins:

يتم انتقال الماء من خلال الغشاء البلازمى والغشاء الفجوى الذى يحيط بالفجوة العصارية (Tonoplast) وهى عملية حيوية ومهمة لحياة الخلية ويتم تنظيمها إلى حد كبير بواسطة بروتينات خاصة متواجدة فى الغشاء البلازمى وهذه البروتينات هى التى تسمح بمرور المياه وهذا ما يطلق عليه بالـ Aquaporins وتستجيب لإشارات مختلفة وتحكم جزيئى وأن الـ Porins لها اختيارية عالية للمياه وتلعب دوراً كبيراً فى العلاقات المائية فى الخلايا وذلك استجابة لنقص المياه فى النبات والضغط الأسموزى. أى أنها موصلات للمياه حيث ينفذ الماء من خلال بروتينات الغشاء البلازمى والـ Tonoplast. إن دراسة Aquaporine ووظيفتها تنال فى الوقت الحاضر قدراً كبيراً فى مقدمة البحوث عن العلاقات المائية فى الخلايا – وينتظر فى وقت قريب أن يتم التوصل لفهم عميق لدور aquaporins فى استجابة النبات للجفاف والأقلمة (Blum, 2003).

الدراسات الفسيولوجية والوراثية لتحمل الجفاف فى بعض المحاصيل :

إن الإجهاد المائى يسبب نقصاً فى نمو المحصول، وأيضا يسبب نقصاً فى انتقال السيتوكينين من الجذور إلى السيقان وكذلك زيادة نسبة حامض الأبسيسيك فى الأوراق وهذه التغيرات تسبب تغيرات فى القدرة التمددية لجذر الخلايا ومعدل نموها. وتقل قدرة الجذور على امتصاص العناصر الغذائية بزيادة الإجهاد وكذلك يقل تركيز إنزيمات التمثيل الضوئى.

وهناك عدد من التحورات التركيبية والفسيولوجية كما سبق الذكر يعتمد عليها النبات فى مقاومة الجفاف، وهذه التحورات هى التى يستخدمها المربى فى التربية لمقاومة الجفاف وهذه التحورات مثل حساسية استجابة الثغور، تعديل الضغط الأسموزى، صغر حجم الخلايا، نقص مساحة الورقة، زيادة سمك الورقة، الأوراق ذات الشعيرات، زيادة نسبة الجذور إلى السيقان وكذلك تغيرات عديدة فى إنتاج الهرمونات والإنزيمات النشطة.

دوار الشمس

وجد أن زيادة تركيز السكريات فى محصول دوار الشمس يكون مرتبطاً بتحمل المحصول للجفاف، وقد لوحظ أيضاً نقص فى النمو بزيادة فترة الجفاف، كذلك كان معدل التمثيل الضوئى عالياً فى الأصناف المتحملة للجفاف. وفى بحوث أخرى وجد أن كفاءة الثغور بصفة عامة تقل تحت ظروف الجفاف ولكن الأصناف المتحملة هى التى تتمكن من تغيير درجة التوصيل الثغرى ومعدل التنفس، على العكس من ذلك فى الأصناف الحساسة فإنها لا تستطيع التغير وبالتالى تتأثر بالجفاف. لوحظ أيضاً أن هناك ارتباطًا موجبًا بين الصفات الفسيولوجية وصفات مكونات المحصول والنمو تحت ظروف الجفاف. وبالنسبة لتواجد حامض الأبسيسيك فى الورقة فقد وجد أن انخفاض الحامض داخلها يجعل النبات غير متحمل للجفاف والعكس صحيح، كذلك وجد أن نقص الحامض وعدم القدرة على تخليقه بسرعة يكون سبباً فى عدم تحمل الجفاف. إن التحمل للجفاف يكون دائماً مرتبطاً بالتوصيل الثغرى ومعدل التنفس

والتبادل الغازى.

القمح

تحقق نجاح كبير في تربية محصول القمح من أجل الحصول على مجموع جذرى أكثر انتشاراً وامتداداً فى الأقماح الربيعية وقد تم الحصول على أصناف أعطت محصولاً عالياً تحت الظروف شبه الجافة وهناك تباينات صنفية واضحة فى القدرة على امتصاص الماء من التربة على أعماق مختلفة تصل إلى ٢ متر وتزرع فى المناطق شبه الجافة فى مونتانا بأمريكا ووجد أن صنف القمح المتحمل للجفاف المثالى يتميز بمجموع جذرى متعمق وسبع أوراق أفقية وعدد كبير من السنيبلات الممتلئة جيداً بالحبوب.

الشعير

من أكثر محاصيل الحبوب مقاومة للجفاف وذلك لسرعة نموه فى مراحله الأولى من حياته مما يؤدى إلى استفادته من كمية الرطوبة المتاحة فى فصل الشتاء. وقد وجد أن أفضل أصناف الشعير فى المناطق الجافة فى مونتانا بأمريكا تكون أوراقه ضيقة وتسمح باختراق أفضل للضوء والذى يصل إلى الأجزاء السفلية من النباتات لتظل الأوراق السفلية ذات كفاءة عالية لمدة أطول من الزمن– وكانت هذه الأصناف ذات كفاءة أعلى فى استهلاك الماء.

ووجد أيضاً فى الشعير أن Osmotic potential يعتبر العامل الأساسى فى تحديد امتلاء الخلية وانتفاخها مما يجعلنا نتوقع أن النباتات ذات Osmotic potential عالى تكون أكثر مقاومة للجفاف.

القطن

وجد فى محصول القطن أن الأصناف المصرية تحتوى على مجموع جذرى قوى ومتعمق وهذه الأصناف أكثر تحملاً من الأصناف الأمريكية (الأبلاند) وأن النوع *G.ramiandii* هو أحد الأصول الوراثية لنقل صفة المقاومة للجفاف.

الدخنانير

هو عبارة عن هجين بين حشيشتين وهما الدخن والنابيير (علف الفيل) ويجمع هذا المحصول العلفى بين القدرة على تحمل الجفاف والصفات التى تتميز بهما الحشيشتان المستخدمتان فى إنتاجه.

الكانولا

فى الكانولا وجد أن زيادة البرولين ونقص التنفس يكون دليلاً على تحمل الجفاف، وكذلك وجد أن الأصناف ذات الأوراق الشمعية لها قدرة على تحمل الجفاف.

ووجد أن التعرض للجفاف أدى إلى حدوث تباين كبير فى التراكيب الوراثية، والكانولا بصفة عامة محصول يتحمل الجفاف حيث أظهرت معظم الصفات المحصولية تأثراً محدوداً بالتعرض لفترات الجفاف وإن اختلفت فيما بينها فى درجة التأثر.

العدس

يعتبر محصول العدس من المحاصيل المقاومة نسبياً للجفاف، وقد وجد أن العدس ذو البذرة صغيرة الحجم Microsperma أكثر مقاومة للجفاف عن العدس ذو البذرة كبيرة الحجم Macrosperma، وأمكن استنباط أصناف مبكرة النضج مقاومة للجفاف باستخدام أصناف هندية وأصناف عربية كأحد الآباء فى برامج التربية.

السمسم

كان هناك تباين كبير فى المحصول للتراكيب الوراثية المختلفة لمحصول السمسم النامية تحت ظروف الجفاف، وقد اقترح أن تكون دراسة الجفاف لهذا المحصول تعتمد على الجمع بين الصفات المحصولية العالية ودرجة ثبات هذه التراكيب فى البيئات المختلفة.

الذرة الرفيعة

تحت ظروف خاصة للتربة مثل الأراضي المنحدرة والجبلية والتي تتعرض للأمطار في

أوقات معينة وكذلك المحافظة على البناء الطبيعي والحيوي للتربة اتجه إلى تقليل عمليات خدمة الأرض وإعدادها للزراعة والاقتصار على أدنى حد من هذه العمليات هذا وقد تم دراسة كثير من هجن السورجم تحت ظروف الحد الأدنى لعمليات الخدمة- وكذلك يحتوى على جذر قوى وأوراق مغطاة بطبقة شمعية، وعند تعرض محصول الذرة الرفيعة لجفاف شديد فإنه يستمر فى حالة كمون دون حدوث أى نشاط حيوى حتى يتم سقوط الأمطار أو الرى لكى يستمر فى النمو مرة أخرى بعد ذلك.

بعض نتائج البحوث التطبيقية تحت ظروف الجفاف

إن صفة تحمل النباتات للجفاف هى صفة وراثية ، حيث يعتقد أنه باستثناء بعض الصفات البسيطة المؤثرة فى القدرة على تحمل الجفاف فى النباتات، فإن غالبية حالات تحمل الجفاف كمية، كما يعتقد أن مختلف السلالات التى تظهر تلك الصفة تتميز بنظم مختلفة لتحمل الجفاف نظراً لنشأتها فى ظروف بيئية متباينة. لذلك فإن تهجين تلك السلالات مجتمعة قد يعطى الفرصة لظهور انعزالات وراثية أكثر تحملاً للجفاف من كل سلالة على حدة.

ومن الدراسات التى أجريت على وراثة الصفات ذات العلاقة بتحمل الجفاف فى النباتات تم استنتاج مايلى:

القطن

كانت صفة انغلاق الثغور فى القطن تحت ظروف الشد الرطوبى صفة كمية، وظهر فيها تأثير كل من الإضافة والسيادة، وكانت درجة توريث الصفة منخفضة، ولم يكن للأم أى تأثير فى الصفة التى كانت سائدة تماماً تحت ظروف الشد الرطوبى العالى.

فول الصويا

كانت درجة توريث تراكم البرولين فى فول الصويا- تحت ظروف الجفاف فى المعمل ٥٧٪. إن مقدار البرولين تحت معاملة ١٢,٥٪ من السعة الحقلية لمحصول القمح تحت ظروف الجفاف

زاد عن ٥٥,٨٣٪ للأصناف المختلفة (ابن العريبى ٢٠٠٣).

إن تعرض فول الصويا للجفاف يؤدى لتكوين جذور أطول، وسيقان وأفرع أقصر، الأوراق تكون أصغر حجماً والجهد المائى للورقة أقل Leaf water potential وتزهير أقل كذلك القرون والبذور ، بذور صغيرة الحجم وأقل فى الكربوهيدرات ومحتوى البوتاسيوم والفوسفور . كذلك ظهرت نفس التاثيرات على محصول الفول السودانى عدا أن الأوراق كانت أسمك ، محتوى الكلورفيل أعلى.

القمح

وجد عبد الجواد وآخرون (١٩٩٨) فى دراسة لتقييم الصفات المورفولوجية لستة من أصناف القمح تحت الظروف المطرية، أن هناك تباينات وراثية واضحة بين أصناف قمح الخبز الستة، ومثل هذه التباينات تعطى لمربى النبات الفرصة لاختيار وانتخاب الصنف أو الأصناف التى تتلاءم مع الظروف المطرية للساحل الشمالى لجمهورية مصر العربية.

فى دراسة قام بها عبد الرحيم (١٩٩٩) تم دراسة السلوك الوراثى لجزيئات الماء المرتبط والماء الحر والضغط الأسموزى فى أوراق طفرتين من القمح السداسى والجيل الأول بينهم تحت ظروف الرى العادى والجفاف، حيث وجد أن الضغط الأسموزى والماء المرتبط فى الأوراق قد زاد بزيادة معدل الجفاف بينما قل محتوى الماء الحر فى الأوراق – كما وجد أن التمثيل الضوئى وانفتاح الثغور ومعدل النتح قد نقص معنوياً فى النباتات النامية تحت ظروف الجفاف،ووجد أيضاً أن نسبة السيادة للصفات المدروسة تتفق مع تعبيرات قوة الهجين للجيل الأول تحت الظروف العادية والجفاف.

وجد (سعد الله ٢٠٠١) أن هناك اختلافات معنوية للتراكيب الوراثية فى محصول القمح فى كفاءة استخدام الماء تحت ظروف الجفاف وكذلك الرى العادى وقد وجد أيضاً أن الأصناف القصيرة أكثر كفاءة فى استخدام الماء عن الأصناف الطويلة.

وجد عافية ودرويش (٢٠٠٣) أن هناك سلالتين مكسيكيتين وسلالة سورية كانوا أكثر مقاومة للجفاف عن السلالات الأخرى وذلك فى الدراسة التى أجريت عند تحليل هجن دورية لثمانية أصناف من القمح وكانت هذه السلالات لها قدرة عالية على الائتلاف وأعطت أعلى محصول ومكونات المحصول تحت ظروف الجفاف.

الشعير

وجد عبد المنعم وآخرون (١٩٩٨) فى دراسة على بعض تراكيب الشعير الوراثية تحت ظروف الرى بالأمطار فى شمال سيناء. أن التركيب الوراثى لرقم ١ (Rihan) المركز الأول لكمية محصول الحبوب (طن/ هكتار) مع تسجيله لثانى أعلى متوسط قيم لصفات معدل استطالة الجذر/ يوم خلال فترات قياسها الأربعة بعد٤٢،٢١،١٤،٧ أيام من تاريخ الزراعة على التوالى وكذلك متوسط عدد السنابل/ نبات وعدد الحبوب / سنبلة وهذا يؤكد أهمية هذا التركيب الوراثى كأحد المصادر الوراثية المهمة بالإضافة إلى التراكيب الوراثية المتفوقة السابقة كمصادر وراثية لتحسين الشعير تحت ظروف الجفاف كما هو الحال فى شمال سيناء.

أظهرت صفات معدل استطالة الجذر/ يوم ووزن ١٠٠٠ حبة (جم) وعدد الحبوب/ سنبلة أعلى قيم من الاختلافات على التوالى . وفى نفس الوقت فإن صفات معدل الاستطالة للجذر/ يوم وعدد الحبوب / سنبلة، وعدد السنابل / نبات أعطت قيمًا عالية من درجة التوريث بالمعنى العام مما يؤكد أهمية هذه الصفات كمعايير انتخابية لتحسين الشعير تحت ظروف الجفاف.

أعطى صنف المقارنة المحلى جيزة ١٢٤ قيماً أقل لكل الصفات المدروسة عدا صفة عدد الحبوب / سنبلة.

فى دراسة أجراها الصعيدى وخطاب (٢٠٠٠) على محصول الشعير تحت ثلاثة معدلات مختلفة من الرى وهى رية واحدة عند مرحلة التفريع وريتين عند مرحلتى التفريع والاستطالة وثلاث ريات فى مراحل التفريع والاستطالة والطرد. فقد أظهر معامل الحساسية للجفاف لمحصول الحبوب ومكوناته أن الصنف جيزة ١٢٠ كان أكثر الأصناف مقاومة للجفاف بينما

كانت الأصناف الأخرى أكثر حساسية للجفاف. ووجدا أن بعض هجن الشعير اتجهت ناحية التبكير تحت ظروف الجفاف.

وفى دراسة قام بها خليل شخاترة وآخرون (١٩٩٩) لتقييم بعض سلالات الشعير لتحمل الجفاف فى الأراضى قليلة الأمطار فى الأردن فقد توصلوا إلى أن صفة التبكير تعتبر دليلاً على الإنتاجية العالية خاصة فى الظروف المطرية المتدنية.

الذرة الرفيعة

وجد البكرى وآخرون (٢٠٠٣) أن دليل الحساسية للجفاف ارتبط ارتباطاً موجباً عالياً مع استمرار الأوراق خضراء Staygreen إلى ما بعد الإزهار بينما كان الارتباط سالباً مع محصول حبوب النبات ووزن الألف حبة والمساحة الورقية مع دليل الحساسية للجفاف فى محصول السورجم. مما يوضح الدور المهم الذى تلعبه صفة استمرارية اخضرار الأوراق فى إكساب التراكيب الوراثية القدرة على تحمل الجفاف بعد التزهير وهذه الصفة مسئولة عن معظم تباين الأصناف فى قدرتها على تحمل الجفاف لنباتات السورجم.

الذرة

فى دراسة أجراها النجار وآخرون (١٩٩٩) على محصول الذرة الرفيعة وجدوا أن التراكيب الوراثية المتحملة للجفاف بارتفاع درجة التوصيل الثغرى وكذلك معدل التمثيل الضوئى وانخفاض درجة الحرارة تميزها عن التراكيب الوراثية التى لا تتحمل الجفاف. وأوضحت دراسات الارتباط بأن صفات معدل التمثيل الضوئى ودرجة التوصيل الثغرى وعدد حبوب القنديل يمكن التوصية باستخدامها كمعايير انتخابية سريعة ودقيقة لتحمل الجفاف فى الذرة الرفيعة.

وجد كاميلى ومهديد (١٩٩٩) أن تعرض نباتات الذرة للجفاف أدى إلى زيادة معنوية فى تركيز البوتاسيوم وتضاعف تركيز السكروز عدة مرات خاصة فى قاعدة الورقة النامية للنباتات

المعرضة للجفاف. كما ذكرا أيضاً أنه يقل طول واستطالة ورقة نبات الذرة المعرضة للجفاف ويزيد الضغط الأسموزى فى النباتات ووصل إلى ٥٢٦ ملى مول/ كجم عند بداية قاعدة الورقة.

فى دراسة أجراها المرشدى وآخرون (٢٠٠٣) على محصول الذرة الشامية الصفراء تم تهجين ٣٥ سلالة فى جيل الإخصاب الذاتى الأول (S_1) مع ثلاثة كشافات وتم التقييم تحت ظروف الرى الحقلى المثلى وتحت ظروف الجفاف – وقد أظهرت النتائج أن قيمة تباين القدرة العامة والخاصة على الائتلاف كانت عالية لكل الصفات المدروسة تحت ظروف الجفاف – وأوضحت الدراسة أيضاً أن ثمانى سلالات أظهرت قدرة ائتلافية عامة عالية وموجبة لصفة محصول الحبوب تحت ظروف الجفاف وهذه السلالات يجب استعمالها فى برامج التربية لإنتاج هجن عالية المحصول وأن ١١ هجينًا قميًا أظهر قدرة ائتلافية خاصة معنوية وموجبة لصفة محصول الحبوب تحت ظروف الجفاف.

ذكر الحكيمى (٢٠٠٤) أن زيادة الجفاف أعاقت نمو محصول الذرة الشامية وأدى إلى انخفاض محتويات كل من الكلورفيل والكاروتينات ومعدل البناء الضوئى، بينما عند إضافة الكالسيوم يزيد هذه المحتويات ويساعد على النمو وزيادة معدل التنفس.

وكذلك أدى نقص المحتوى المائى للتربة لزيادة محتويات الصوديوم والبوتاسيوم لكل من المجموع الجذرى والخضرى ومحتوى الماغنسيوم فى جذور النباتات والكالسيوم وقد أدى نقع حبوب الذرة فى كلوريد الكالسيوم إلى إزالة التأثير المثبط أو المحفز لتراكم هذه العناصر.

دوار الشمس

فى دوار الشمس وجد أن المقاومة للجفاف تكون بالانتخاب بواسطة دليل حساسية الجفاف وأيضاً دليل الحصاد العالى ولوحظ أن عدم وجود ارتباط بين دليل الحساسية والمحصول يكون مؤشراً جيداً للحصول على أصناف مقاومة للجفاف. وفى دراسات التهجين فى هذا المحصول وجد أن التأثير الإضافى كان أهم فى صفة تعديل الضغط الأسموزى والمحصول وعدد البذور بالقرص وقطر القرص وبالتالى استنتج أنه لإنتاج أصناف متحملة للجفاف يتم

توجيه الانتخاب إلى محصول البذرة مع قطر القرص والضغط الأسموزى. لوحظ أيضاً أن التأثير السيادى كان هو الأهم لصفات التزهير والنضج الفسيولوجى وطول النبات والوزن الجاف للورقة.

الكانولا

أجريت تجربة قام بها قشطة (١٩٩٨) لتقييم ١٢ من التراكيب الوراثية للكانولا تحت ظروف الرى العادى (٥ ريات) والإجهاد الرطوبى (ريتان) وكانت التراكيب الوراثية المدروسة هى ٨ سلالات. وأكدت نتائج الدراسة وجود اختلافات عالية المعنوية فى كل الصفات المدروسة وكانت سلالتان من النوع نابس وسلالتان من النوع كامبستريس وصنفان من النوع جنسيا حيث كانوا من أكثر التراكيب الوراثية تحملاً للجفاف تحت ظروف هذه الدراسة.

بنجر السكر

أوضحت دراسة تأثير المستويات المختلفة من الإمداد المائي على إنتاجية وجودة بنجر السكر أن الري بعد استنفاد ٢٠٪ من السعة الحقلية أدى إلى الحصول على أعلى محصول عرش بالطن/ الفدان وأعلى نسبة نقاوة ولكن الري بعد استنفاد ٤٠٪ من السعة الحقلية أدى إلى الحصول على أعلى محصول جذور وناتج سكر بالطن/ الفدان. ولكن أدت ظروف الجفاف (الري بعد استنفاد ٦٠٪ من السعة الحقلية) إلى تعظيم النسبة المئوية للمواد الصلبة الذائبة الكلية والسكروز في الجذور.

أظهرت النتائج أن معدل الاستهلاك المائي الأمثل يتراوح ما بين ٢٨٥٦ – ٣١٤٢ مترًا مكعبًا/ فدان وذلك تحت ظروف الري بعد استنفاد ٤٠٪ من السعة الحقلية.

البسلة

أوضح غازى الكركى (١٩٩٩) عند دراسة الإنتاج وعلاقته بالمراحل الفينولوجية لأصناف من البسلة تحت الظروف المطرية فى شمال الأردن، حيث استخدم ١٦ صنفاً من البسلة

لدراسة العلاقة بين الإنتاج والمراحل الفينولوجية للنباتات تحت ظروف الجفاف فى هذه المنطقة ، وأظهرت النتائج أن هناك علاقة سلبية بين الإنتاج وطول الفترة بين الزراعة والنضج – وقد أدت زيادة طول الفترة بين الزراعة والإزهار إلى زيادة الإنتاج بينما زيادة طول فترة امتلاء البذور لم يكن لها تأثير على الإنتاج –وقد دلت النتائج أن أنسب الأصناف هى التى يكون هناك مرحلة طويلة بين الزراعة والإزهار، ولكن ذات مرحلة سريعة الامتلاء للبذور.

الفاصوليا

وفى دراسة على نوعين من الفاصوليا أجراها Parson and Hoew (١٩٨٤) وجدا أن إجهاد الجفاف يؤدى إلى نقص الجهد الأسموزى فى الأوراق بمقدار ٢ بار ، وأن الجهد الأسموزى فى النوع الأكثر مقاومة للجفاف يكون أقل من الجهد الأسموزى فى النوع الآخر الأقل مقاومة للجفاف.

العنب

أوضح Clark and Durley (١٩٨١) أن الإجهاد الراجع للجفاف يثبط من نمو ساق نبات العنب.

ووجد بعض الباحثين منهم Zahner (١٩٦٨) أن الزيادة السنوية فى طول الأشجار الخشبية فى المناطق الجافة يكون أقل طولاً من الموجودة فى المناطق الرطبة.

ثانياً: التربية لتحمل زيادة الرطوبة الأرضية (الأراضى الغدقة)

الأراضى الغدقة Waterlogging

تعتبر التربة غدقة عندما يزيد تشبعها بالماء، ونجد أن الأراضى الثقيلة لها القابلية على أن تتحول إلى أراضى غدقة، حيث إنها تحتوى على حبيبات دقيقة تتخللها مسافات ضيقة والتى يمر خلالها الماء والهواء بصورة بطيئة جداً. وعندما تظل التربة مشبعة بالماء لفترة طويلة زيادة عن اللازم مما يؤدى إلى استنفاد عنصر الأكسجين الموجود بالتربة مما يؤدى إلى توقف الجذور عن امتصاص العناصر الغذائية وتوقف الجذور عن النمو وغلق الثغور مما يؤدى إلى منع حدوث عملية التمثيل الضوئى Photosynthesis.

الأضرار العامة التى تسببها زيادة الرطوبة:

١- فى الأراضى الغدقة يحدث تحول للأزوت من الصورة الصالحة التى تستطيع النباتات امتصاصها إلى صورة أخرى (صورة غازية) لا تستطيع النباتات الاستفادة منه، وعندما تصبح النباتات غير قادرة على امتصاص النتروجين اللازم لها من التربة ، فإن النباتات فى هذه الحالة تستخلص النتروجين من الأوراق القديمة نتيجة لتحول الأزوت إلى صورة غير صالحة وبالتالى يحدث اصفرار للأوراق خلال فترة الغدق. هذا ما يطلق عليه بالـ Denitrification حيث يحدث غسيل وفقد للنترات من التربة تحت هذه الظروف نتيجة لتحول النترات لصورة غازية فتفتقر النباتات إلى عنصر النتروجين وبالتالى تظهر أعراض نقص هذا العنصر المهم للنبات.

٢- إن عدم توافر النتروجين الميسر للأوراق القديمة بصورة كافية يؤدى إلى عدم قيام النباتات بعملية التفريع Tellaring.

٣- تختلف مراحل النباتات المختلفة فى تحملها لظروف الغدق، حيث تعتبر المراحل الأخيرة للنباتات أكثر تحملاً من المراحل الأولى حيث فى المراحل الأولى تؤدى ظروف الغدق إلى

موت البادرات.

٤- فى المراحل الأخيرة للنباتات يحدث فقد جزء من المساحة الورقية والمحصول.

ومن الممكن تجنب حدوث الغدق وذلك عن طريق التخلص من الماء الزائد عن طريق صرف الماء من التربة قبل استنفاد الأكسجين بها.

٥- توقف الجذور عن النمو.

٦- منع حدوث عملية التمثيل الضوئى حيث يحدث غلق للثغور.

٧- قلة إنتاج المادة الجافة.

٨- حدوث السمية فى النباتات. حيث تتراكم نواتج سامة نتيجة لتحول جذور النباتات تحت تأثير زيادة الرطوبة من التنفس الهوائى إلى التنفس اللاهوائى وبالتالى ينقص إنتاج ATP وسرعة استهلاك المركبات العضوية.

٩- حدوث خلل فى التوازن الهرمونى والتأثير سلبياً على تمثيل السيتوكينين والجبريللين نتيجة زيادة فى تركيز الإيثيلين فى النشاط الأيضى فى الجذور.

١٠- زيادة تركيز بعض العناصر الغذائية نتيجة لتحول جذور النباتات من التنفس الهوائى إلى التنفس اللاهوائى، ومن هذه العناصر المنجنيز والحديد حيث يزيد تركيزهما إلى حد السمية.

١١- نتيجة لتنفس الجذور تنفساً لا هوائياً فإنه يحدث عدم توفر الطاقة التى تلزم لاستمرار بقاء الأغشية الخلوية بصورة طبيعية، مما يؤدى إلى فقد بعض الخصائص المهمة لهذه الأغشية مما يؤثر سلبياً على النباتات النامية تحت ظروف الأراضى الغدقة.

منشأ الأراضى الغدقة.

نشأت الأراضى الغدقة نتيجة للأسباب التالية:

١- الصرف السيئ لمثل هذه الأراضى.

٢- المسافات بين حبيبات التربة غير كافية وبالتالى فإن بناء هذه الأراضى ردىء والتربة ثقيلة القوام.

٣- عدم تسوية الحقل عند إجراء عمليات الخدمة.

٤- حدوث غرق بعد تساقط الأمطار الغزيرة حتى فى الأراضى خفيفة القوام ثم يحدث بعد ذلك تكون طبقة جيرية حيث إن هذه الطبقة هى التى تعمل على سد مسام سطح التربة وبالتالى منع دخول الهواء إلى هذه التربة.

٥- سقوط أمطار غزيرة على مثل هذه الأراضى.

تحمل زيادة الرطوبة الأرضية (الأراضى الغدقة)

عند تشبع التربة بالرطوبة لفترة طويلة (الأراضى الغدقة) فإن هذه الظروف تؤثر على النبات تأثيراً سيئاً حيث يقل إنتاج المادة الجافة ويقل نمو الجذور والنمو القمى للنبات وبالتالى ينخفض المحصول.

هذا النقص فى النمو وانخفاض إنتاجية المحصول تحدث نتيجة لقلة الأكسجين الموجود فى التربة بسبب تنفس جذور النبات وكذلك تنفس الكائنات الحية الدقيقة فى التربة.

إن حدوث تجديد أكسجين التربة لايتم بالكفاءة المطلوبة، حيث يصعب انتشار أكسجين الهواء الجوى فى ظروف زيادة الرطوبة الأرضية، مما يؤدى إلى إجبار جذور النباتات على أن تغير من تنفسها الهوائى إلى القيام بالتنفس اللاهوائى مما يؤثر على اختلال النشاط الأيضى وتراكم النواتج السامة نتيجة لعملية التنفس اللاهوائى وينقص إنتاج ATP Adinine Tri Phosphate وسرعه استهلاك المركبات العضوية.

الخصائص التى تتميز بها النباتات المتحملة للظروف الغدقة:

١ - الجذور العرضية للنباتات تكون قريبة من سطح التربة:

حيث وجد فى محصول تباع الشمس ومحصول الطماطم أنهما ينتجان جذوراً عرضية تكون قريبة من سطح الأرض حيث إن هذه المنطقة لا يكون النقص فى الأكسجين بصورة كبيرة مثل المناطق الأعمق، وبالتالى يحدث تعويض للنقص بصورة سريعة.

٢ - استخدام الأكسجين الناتج من عملية التمثيل الضوئى:

حيث إن الأرز يعتبر له مقدرة كبيرة على المعيشة تحت ظروف الماء الراكد ، لأنه يستطيع نقل الأكسجين الناتج من عملية التمثيل الضوئى من الأوراق إلى الجذور، وكذلك يستخلص الأكسجين الذائب فى الماء، حيث يمكن زراعة الأرز تحت ظروف الغمر فى البحيرات (Flooting rice).

٣ - وجود مسافات بينية كبيرة فى نسيج القشرة:

تعمل هذه المسافات البينية كقنوات لإمداد الجذور بالغازات، حيث تقوم هذه المسافات البينية بمرور الغازات بين كل من المجموع الجذرى والمجموع الخضرى للنبات حيث تعمل هذه المسافات البينية على إمداد المجموع الجذرى والكائنات الحية الموجودة بالتربة بما يلزمها من أكسجين. وتوجد هذه الظاهرة فى محصول الأرز والنباتات التى تنمو فى وجود الماء، وكذلك فى النباتات التى تتحمل هذه الظروف مثل تباع الشمس والذرة الشامية والقمح وغيرها من المحاصيل الأخرى.

٤ - كفاءة النبات العالية فى الاستفادة من النترات:

إن النباتات التى تتحمل ظروف ارتفاع الرطوبة الأرضية تستطيع أن تستفيد من النترات بدلاً من الأكسجين الذى يتناقص بشدة تحت هذه الظروف، ويحدث زيادة كبيرة فى نشاط إنزيم النيترات راديوكتيز Nitrate reductase فى كل من أوراق وجذور النباتات النامية تحت هذه

الظروف الغدقة.

٥ ـ زيادة تكوين الأحماض العضوية:

كما سبق فإنه يحدث للنباتات زيادة فى تركيز الإيثلين نتيجة حدوث خلل فى النشاط الأيضى فى الجذور نتيجة لنقص الأكسجين فى التربة. وهناك نباتات تتحمل ظروف الغدق تستطيع أن تلجأ إلى بعض البدائل فى مسارات التحولات الكيميائية الحيوية الخاصة بالتنفس مثل تكوين الأحماض العضوية مثل الشيكميك وحمض الماليك وبالتالى يقل إنتاج الكحول الإيثيلى.

٦ ـ زيادة تمثيل الأحماض الأمينية:

تستطيع النباتات التى تنمو تحت ظروف الغدق والتى تتحمل مثل هذه الظروف أن تزيد من كفاءتها فى تمثيل الأحماض الأمينية بحيث تعمل على إعادة أكسدة بعض المواد نتيجة لغياب عنصر الأكسجين فى مثل هذه الظروف السيئة.

٧ ـ استمرار بقاء الأغشية الخلوية بصورة طبيعية:

إن النباتات التى تنمو تحت ظروف الغدق لا تستطيع جذورها أن تتنفس تنفساً هوائياً، ولكن تستطيع النباتات التى تتحمل هذه الظروف أن تظل أغشيتها الخلوية بصورة طبيعية حتى لا تؤثر على النباتات النامية تحت هذه الظروف.

وتختلف أصناف وسلالات النوع الواحد فى تحمل هذه الظروف السيئة، فنجد أن أكثر المحاصيل تحملاً لزيادة الرطوبة الأرضية هو محصول الأرز وتباع الشمس والذرة الشامية بينما المحاصيل الحساسة لزيادة الرطوبة الأرضية هو محصول الشعير وفول الصويا والطماطم — والمحاصيل متوسطة التحمل مثل القمح. ونجد أن القمح أكثر تحملاً من الشعير لنسبة الرطوبة العالية وذلك نظراً لأن احتياجات القمح المائية تزيد عن محصول الشعير، فتبلغ كمية الماء اللازمة لإنتاج ١كجم من المادة الجافة ٢٠٠ لتر ماء لمحصول القمح بينما فى الشعير تحتاج ١٦٠ لتر ماء.

إجراء بعض الحلول لتحسين الأراضى الغدقة:

١- يتم إضافة السماد النتروجينى عقب حدوث الغدق حتى تصبح النترات ميسرة للنباتات ويستطيع النبات امتصاصها.

٢- إزالة الحشائش الموجودة بالأرض حتى لا تنافس النباتات على الأكسجين فى منطقة انتشار جذور النباتات.

٣- تحسين قنوات الصرف وزيادة عددها وتسوية التربة تسوية جيدة.

٤- الحرث العميق لزيادة الفراغات بين حبيبات التربة، وكذلك تكسير الطبقات الصماء الموجودة تحت سطح التربة.

٥- الحرث الخفيف بعد سقوط الأمطار الغزيرة حيث تتكون طبقة جيرية صلبة وذلك لتكسير هذه الطبقة وزيادة تهوية التربة.

٦- تعديل مواعيد الرى مع الأخذ فى الاعتبار كمية الأمطار المتساقطة.

٧- زراعة محصول كسماد أخضر يتم قلبه فى التربة لتحسين الفراغات والمادة العضوية فى التربة، وكذلك إضافة الأسمدة البلدية وبقايا المحاصيل المختلفة.

طرق التقييم لتحمل زيادة الرطوبة الأرضية

يتم التقييم تحت ظروف زيادة الرطوبة الأرضية عن طريق رى التربة بالماء لفترات طويلة حتى يتم تشبع التربة بالماء وذلك لمعرفة مدى تحمل النباتات تحت هذه الظروف السيئة.

ويمكن أيضاً معرفة مدى تحمل النباتات لزيادة الرطوبة الأرضية عن طريق إجراء عمليات التقييم فى المزارع المائية والتى تكون فيها التهوية قليلة جداً وكذلك العناصر الغذائية، أو عن طريق معرفة الخصائص الفسيولوجية أو التشريحية والتى سبق ذكرها عند التعرض لهذه الظروف السيئة.

التربية لتحمل زيادة الرطوبة الأرضية

١ - الأرز

يتم تقسيم أصناف الأرز المنزرعة من حيث البيئة التى تنمو بها إلى ثلاثة أقسام.

أ - أرز الأراضى المنخفضة Low Land rice.

وأصناف هذا القسم تعطى أعلى إنتاجية ، وتشمل أفضل الأصناف المنزرعة وتتبع أصناف الأرز المنزرعة فى مصر هذا القسم وكذلك معظم الأصناف المنزرعة فى العالم حيث تزرع الحقول ثم يتم الغمر بماء الرى.

ب - أرز الأراضى المرتفعة Upland rice

وتزرع فى الأراضى المرتفعة بدون غمر وتحصل على الماء عن طريق الأمطار، وتعطى أصنافها محصولاً قليلاً فى الغالب.

جـ - الأرز العائم Floating rice

تم استنباط أصناف تتحمل ظروف الزراعة فى المناطق الغدقة، والأصناف التى تتبع هذا القسم محصولها منخفض وحساسة للفترة الضوئية، إلا أنه أمكن تربية سلالات غير حساسة للفترة الضوئية ويمكن توريثها للأنسال والأجيال التالية. ويتبع هذا القسم الأصناف التى تنجح زراعتها تحت ظروف المياه العميقة، حيث تستطيل النباتات وتحتفظ بقممها فوق سطح الماء كلما زاد ارتفاع الماء فى الأرض، وأصناف هذا القسم يمكنها النمو فى الأراضى المغمورة بعمق قد يصل إلى ٢-٣ م أو أكثر عن طريق الأمطار، أو تزرع فى الأودية التى تغمر بشدة كما فى كمبوديا وتايلاند وبنجلاديش وبعض المناطق فى باكستان والهند حيث يصل ارتفاع الماء إلى ١٢-٢٠م وتستطيع النباتات أن تنمو بمعدل كبير فى اليوم حيث يصل معدل نموها إلى ٣٠ سم/ يوم.

ويتم زراعة الأرز العائم نثراً فى الأرض المستديمة مباشرة وذلك قبل موسم الفيضان أو الغمر ثم يحصد فى وجود الماء عن طريق قوارب صغيرة عند نضج الحبوب فى السنابل ، حيث

تكون الحبوب قد نضجت فى النورات التى تظل فوق سطح الماء ويجب على هذه الأصناف أن تتحمل ظروف الغمر بالماء. وقد تنحسر مياه الغمر من الحقول قبل النضج، وتجف الأرض وبذلك يمكن حصاد الأرز يدوياً حيث تكون السيقان ضعيفة وراقده على الأرض ولا يتم حصادها ميكانيكاً.

والأصناف التى تتبع هذا القسم أقل الأصناف انتشاراً فى العالم حيث يزرع حوالى أكثر من ٥مليون هكتار فى العالم فى السنة.

٢ ـ التيل

محصول التيل من المحاصيل التى تحتاج إلى كميات ماء عالية نسبياً ، فهو لا يزرع إلا تحت ظروف الرى أو المناطق التى يتساقط بها أمطار بكثرة .

٣ ـ الذرة الرفيعة

محصول الذرة الرفيعة يمكن أن تنجح تحت ظروف المناطق الرطبة ويعطى محصولاً جيداً.

٤ ـ الدنيبة

تزرع الدنيبة كمحصول علف بصورة جيدة فى الماء باستمرار وتعتبر هذه عملية جيدة خاصة فى الأراضى الملحية ليتم التخلص من الأملاح الموجودة بالتربة.

٥ ـ النسيلة

النسيلة أو الأمشوط يمكن زراعتها فى وجود الماء حيث تنمو فى المجارى المائية والأنهار، وهو نبات شبه مائى.

٦ ـ العدس

أمكن استنباط صنف جيزة ٥١ منتخب من سلالة مستوردة متأقلمة تحت الظروف المصرية تتحمل زيادة المياه بالتربة (الأراضى الغدقة) ويصلح للزراعة فى الوجهين القبلى والبحرى.

الفصل الرابع

التربية لتحمل الإجهاد الملحى

الفصل الرابع
التربية لتحمل الإجهاد الملحى

أثر الإجهاد الملحي على المحاصيل المختلفة

إن من أهم الموضوعات الزراعية التى يهتم بها الباحثون فى مجال الإنتاج الزراعى هو الاهتمام بمعرفة استجابة النباتات واستنباط أصناف جديدة مقاومة للإجهاد الملحى وذلك لزراعتها فى البيئات المتأثرة بالملوحة العالية.

إن الإجهاد الملحى كظاهرة يعنى زيادة ملوحة ماء الرى أو / مع زيادة ملوحة التربة بالدرجة التى تصل بها لأن تكون عاملاً مثبطاً للإنتاج فى المناطق الجافة وشبه الجافة. والفهم الجيد للميكانيكيات الفسيولوجية والجزيئية لتأثير الملوحة فى تثبط نمو نباتات المحاصيل يساعدنا فى الانتخاب والتربية لأصناف أكثر تحملاً للملوحة سواء أكان ذلك باتباع الطرق التقليدية أو غير التقليدية.

وتعتبر الملوحة الزائدة هى العامل الأعظم المحدد لتوزيع النباتات فى البيئات الطبيعية وفى الزراعة فى عديد من مناطق العالم، ومشكلة الملوحة تزداد عاما بعد عام فى صورة أراضى ملحية أو ماء مالح. ويجب أن يؤخذ فى الاعتبار أن التوسع الزائد والمستمر فى الزراعة سوف يؤدى بالضرورة إلى زراعة أراضى مالحة واستخدام ماء ذو محتوى عالى نسبياً من الأملاح الذائبة، وأكثر من ذلك فإن التطور الصناعى فى عديد من الأقطار يسبب تلوثاً شديداً للماء وخاصة مياه الأمطار، بالإضافة إلى سوء الإدارة المزرعية يشجع غالباً على التمليح الثانوى للأراضى ومصادر ماء الرى. كل هذه الأمور تبرز الأهمية الكبيرة لمعرفة طبيعة استجابة النباتات المختلفة للملوحة ولفهم طبيعة الضرر الذى تسببه الملوحة لمحصول الحقل.

إن الإجهاد الملحى بصفة عامة يميز بأنه الضرر الذى يقع على النبات نتيجة نقص بعض العناصر المهمة لتغذيته أو حدوث خلل فى التوازن الغذائى. وتحمل النبات للملوحة يكون مرتبطاً بقدرة جذوره على تنظيم امتصاص كل من الصوديوم والبوتاسيوم وبالتالى انتقاله إلى المجموع الخضرى حيث إن هذه الأيونات تكون شائعة الانتشار فى النباتات الملحية. كما أن النباتات الأكثر تحملاً للملوحة تسمح بتراكم البوتاسيوم على حساب الصوديوم فى مجموعها الخضرى (Haddad and Coudret 1989، Bizid *et al*, 1988، Touraine et Ammar, 1985.

ويرجع هذا الاهتمام الشديد لدراسة الإجهاد الملحى وذلك لأسباب عديدة منها:

١- زيادة تراكم الأملاح فى التربة مما أدى إلى تحول مناطق زراعية عديدة كل عام إلى مناطق غير صالحة للزراعة وأدى ذلك إلى التأثير الضار على نمو معظم أو جميع نباتات المحاصيل المختلفة.

٢- زيادة التوسع الأفقى للأراضى الزراعية حيث إن الأراضى المنزرعة حالياً لاتفى باحتياجات الإنسان من المواد الغذائية نظراً لزيادة سكان العالم.

٣- استخدام مياه الرى (الأراضى المروية) بالأساليب الخاطئة أدى إلى زيادة كمية الأملاح.

٤- قد تحتوى الأراضى الملحية على بعض العناصر النادرة المهمة لحياة النبات.

ويحاول العلماء بصفة مستمرة استنباط الأصناف الجديدة المقاومة للملوحة العالية وذلك بالتعرف على الصفات التى تؤدى إلى زيادة مقاومة النباتات المختلفة للملوحة ونقل هذه الصفات المرغوبة من صنف إلى آخر عن طريق التهجين بين هذه الأصناف حيث إن النباتات تختلف اختلافاً كبيراً فيما بينها فى درجة مقاومتها للإجهاد الملحى. ويعتبر الإجهاد الملحي من أهم الإجهادات البيئية التي تؤثر على نمو النباتات وإنتاجيتها.

وتشكل الملوحة والقلوية المشكلات الأساسية التي تتعرض لها المناطق التى يتم ريها عن طريق القنوات حيث تزيد مشكلة الملوحة فى المناطق الجافة وشبه الجافة والتى تمثل ٢٥٪ من مساحة اليابسة حيث لا تكفى كمية المطر لغسل الأملاح التى تتجمع فى التربة فى منطقة جذور النباتات إلى المياه الجوفية وكذلك زيادة معدل التبخير مما يساعد على زيادة معدل تراكم الأملاح فى التربة.

وتنتشر مشكلات الملوحة فى العالم بأثره. وتزيد هذه المشكلات باطراد لتحتل حوالي ثلث مساحة الأراضي الصالحة للزراعة على سطح الكرة الأرضية، ومن المتوقع أن تصل المشكلات المرتبطة بالملوحة إلى ما يقرب من ٥٠ ٪ من الأراضي الصالحة للزراعة المروية في العالم . وتصل تقديرات مساحة الأراضي المالحة إلى (٤٠٠ – ٩٥٠) مليون هكتار وتحد من توزيع وإنتاج النباتات في ٤٠ مليون هكتار من الأراضي المروية والقابلة للزراعة (أي ٣٠ ٪ من المساحة الزراعية المروية على اليابسة).

وتعتبر الأراضى ملحية عندما يصل تركيز الأملاح فى التربة إلى مستوى يثبط نمو معظم نباتات المحاصيل.

وتوجد الأراضي الملحيةفى أنحاء متفرقة من العالم مثل بعض الدول العربية وأمريكا الشمالية والجنوبية ، وأوروبا ، وآسيا وأفريقيا، وأستراليا.

حيث تحتل الأراضي الملحية في الدول العربية حوالي ٤٠ ٪ من الأراضي الصالحة للزراعة ، وتزداد هذه المشكلة في مصر والسودان والعراق والسعودية بشكل خاص، حيث إنها دول تعتمد زراعتها على الري، ولقد أدى الري السيئ بطرق تقليدية (بالغمر) إلى تجمع الأملاح سطحياً وتراكمها حيث وصلت مساحتها في مصر بمفردها حوالى مليونى (٢مليون) فدان.

وتعتبر الملوحة والقلوية مألوفة في الدول العربية في الأراضي المروية والزراعات المطرية (المناطق شبه الجافة) إذ يمكن للأملاح أن تتراكم في الفصول الجافة في أى نوع من أنواع التربة وذلك عندما يرتفع مستوى الماء الأرضي إلى مستوى سطح التربة باتباع أساليب الري الخاطئة.

وقد ذكر Shainberg (١٩٧٥) أن الأراضى تعتبر مالحة إذا زاد تركيز الملح فيها عن ٠,١٪ وأضاف أيضاً أن الأراضى المالحة هى التى يصل فيها التوصيل الكهربى (EC) للمستخلص المركز من تربتها إلى أكثر من ٤ مليموز/ سم (4 millimhos/cm) ويعادل ذلك تركيز ملح ٤٠ ملى مكافىء / لتر (يساوى ٠,٢٢٪ من كلوريد الصوديوم) ، وتصل كمية الصوديوم القابلة للتبادل الأيونى فى الأراضى التى تسمى مالحة إلى ١٥ مليموز/ سم.

ورغم التعريف السابق إلا أن بعض النباتات الاقتصادية يمكن أن يتم ريها بتركيز يصل إلى ١٪ من كلوريد الصوديوم فى ماء الرى.

وينخفض الإنتاج بأكثر من ٢٠ ٪ وذلك بسبب الملوحة رغم عدم ضرر ملحي واضح على نباتات المحاصيل.

منشأ الأراضي المالحة :

تكون معظم تربة المناطق الجافة ملحية. ويعود ذلك إلى أحد الأسباب التالية على الأقل :

١ - عوامل التجوية Weathering factors:

تؤثر عوامل المناخ المختلفة على تجوية الصخور المالحة تجوية فيزيائية وكيميائية حيث تحتوى هذه الأنواع من التربة على نسبة كبيرة من الأملاح دون أن تستطيع مياه الأمطار القليلة في هذه المناطق غسلها وإزاحتها. ومصدر الأملاح فى هذه الأراضى هى المعادن الأولية (أى أن الأرض أصلاً مالحة).

٢- من المصادر الأخرى للأملاح هو ذوبان الأملاح المترسبة فى بعض المناطق الملحية وتنتقل إلى مناطق أخرى بواسطة الرياح حيث تجرف هذه الأملاح مع المياه.

٣- قد تنشأ الأراضي الملحية ، عن طريق انتقال الأملاح بواسطة الخاصية الشعرية إلى سطح التربة، حيث تكون المياه الجوفية محتوية على أملاح ذائبة. وكلما كان مستوى المياه الجوفية مرتفعاً كلما زاد تركيز الأملاح على سطح التربة.

٤- دخول ماء البحر إلى الأرض عن طريق موجات المد أو انتقال الرذاذ المالح بواسطة الرياح.

٥- استخدام كميات كبيرة من مياه الرى وارتفاع مستوى الماء الأرضى نتيجة لوجود طبقة صماء غير منفذة للماء.

٦- عدم وجود صرف مناسب للسماح بالتحرك الكامل للمياه خلال قطاع التربة.

وتراكم المياه أحياناً، لا سيما في الأراضي المنخفضة المجاورة لشواطئ البحار والمحيطات والمستنقعات المالحة إلى حد يسبب أضراراً كبيرة لمعظم النباتات.

وقد تكون الأملاح موجودة أصلاً في المادة الأساسية المكونة للتربة، وليست راشحة. وعادة تكثر الأملاح في الأماكن ذات الصرف الرديء أو التي تتجمع فيها مياه الصرف، وتتراكم الأملاح في تلك الأماكن نتيجة لتبخر الماء.

بعض مصادر الأملاح للتربة كما ذكرها Carter (١٩٧٥) منها:

١- المياه غير النقية المستخدمة للرى والتى تحتوى على نسبة من الأملاح وعند تبخر الماء من التربة يترك كمية أملاح كبيرة تتراكم فى التربة - خاصة عند الصرف السيىء - وتزيد هذه المشكلة خاصة فى المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية التى يزيد فيها معدل تبخر الماء من التربة وقلة كمية المطر اللازمة لغسيل الأملاح.

٢- رذاذ ماء البحر التى تحملها الرياح وسقوط الأمطار يؤدى لزيادة معدل تراكم الأملاح فى التربة.

وتسمى الأملاح القابلة للذوبان (قلويات) ويطلق على مثل هذه الأراضى (أراضى قلوية)، وهى تلك الأراضي التي تتجمع فيها الأملاح مهما كان نوعها أو تفاعلها بشرط أن تكون موجودة بتركيزات كافية للإضرار بالنباتات.

وتشمل القلويات: كلوريدات وكبريتات وكربونات ونترات الصوديوم والبوتاسيوم

والماغنسيوم وكذلك كلوريدات ونترات الكالسيوم. ولذلك فإن نترات الصوديوم رغم أنها إحدى المخصبات المهمة فإنها قد تجعل التربة قلوية أو مالحة وذلك إذا زاد تركيزها في التربة كثيراً.

إن جميع أملاح التربة متعادلة التفاعل فيما عدا كربونات الصوديوم والبوتاسيوم. ويفضل تسمية الأراضي التي تحوي فائضاً من أي ملح من الأملاح المتعادلة بالأراضي الملحية. ومع ذلك يطلق على جميع هذه الأراضي ، اسم عام واحد هو (الأراضي القلوية البيضاء) نظراً لوجود القشرة البيضاء التي تكونها. بينما تسمى الأراضي شديدة القلوية التي تحتوي على كربونات الصوديوم أو البوتاسيوم (بالأراضي القلوية السوداء) وذلك بسبب القشرة ذات اللون الداكن التي تكونها تلك الأملاح على سطح التربة ، نتيجة إذابتها للمواد العضوية في التربة.

إن الإملاح تؤثر تأثيراً سيئاً على التربة حيث تؤثر على العلاقات المائية للتربة حيث زيادة تركيز الأملاح الذائبة فى محلول التربة يؤدى لنقص الجهد الأسموزى لمحلول التربة مما يؤدى لنقص جهد ماء التربة، وعندما ينقص جهد ماء التربة فإنه ينقص الفرق بين جهد ماء التربة وجهد ماء جذور النبات وبالتالى تنقص قيمة القوة الدافعة لامتصاص الجذور للماء.

كذلك تؤثر الإملاح على خواص التربة وعلى حركة الماء فى التربة (نفاذية التربة للماء أو التوصيل المائى للتربة). وتؤثر الملوحة على بناء التربة حيث يزيد ادمصاص الصوديوم للكاتيونات الأخرى على سطح غرويات الطين وتصبح الحبيبات مفردة مما يقلل من حجم مسام التربة وضعف نفاذيتها للماء.

حيث يمكن أن يدمر الملح بناء التربة ويسبب انتفاخاً للطين وتناثر حبيبات التربة الدقيقة والتى تقوم بسد مسام التربة التى يتم تحرك الأكسجين والماء خلالها، كما يشجع أيضاً على تكون طبقة صلبة على السطح.

أنواع الأراضى الملحية:

قسم Shainberg (١٩٧٥) الأراضى المتأثرة بالملوحة لثلاثة أقسام على حسب كمية الأملاح الذائبة فى محلول التربة ، وكمية الصوديوم القابل للتبادل الأيونى فى التربة.

١ - الأراضى الملحية: Saline soil

هى أراضى تحتوى على كمية كافية من الأملاح المتعادلة القابلة للذوبان ، وتصل نسبة الأملاح الذائبة فى محلول التربة فى مثل هذه الأراضى إلى تركيز يؤثر على نمو معظم نباتات المحاصيل المختلفة، ولكن هذه الأراضى لا تحتوى على نسبة من الصوديوم القابل للتبادل الأيونى كافية لتغيير خواص التربة ، وأن النسبة المئوية للصوديوم القابل للتبادل الأيونى تقل عن ١٥٪ (exchangeable sodium percentage). وتتكون الأملاح الرئيسية بصفة أساسية من كلوريد وكبريتات الصوديوم وقد تشتمل على مقادير من كلوريد وكبريتات الكالسيوم والماغنسيوم ولا توجد النترات بكميات كبيرة إلا نادراً.

ومن خصائص التربة الملحية:

أ - العديد من أنواع التربة الملحية تحتوى على كميات كبيرة من الجبس في قطاع التربة ولا توجد الكاتيونات الذائبة على الإطلاق .

ب- ويكون رقم الـ pH لعجينة التربة المشبعة يكون دائماً أقل من ٨,٣

ج - يؤدي ارتفاع تركيز الأملاح إلى تجمع حبيبات التربة مما يجعلها ذات خواص طبيعية جيدة ويكون التركيب جيداً عادة . وتكون خواص الحرث ونفاذية الماء فيهما أفضل من الأرض غير الملحية.

د -ولكن يلاحظ أن بعض أنواع الأراضي الملحية عند غسيلها بمياه قليلة الملوحة فإنها تميل إلى التفرق مما ينتج عنه :

١ -ضعف نفاذيتها للماء والهواء (خصوصاً عندما تكون التربة طينية ثقيلة)

٢-زيادة طفيفة في رقم الـ pH بسبب انخفاض تركيز الأملاح .

٣-نادراً ما يكون تركيز الصوديوم فيها كبيرًا إذا ما توافر صرف جيد.

ويمكن التعرف على الأرض الملحية في الظروف الحقلية بالآتي:

أ - نمو المحاصيل بصورة متفرقة.

ب- وجود قشور من الأملاح البيضاء على السطح.

جـ- عندما تكون نسبة الملوحة خفيفة تتسم النباتات في أكثر الأحيان بلون أخضر داكن يميل إلى الزرقة، وبالنسبة لمحاصيل الحبوب أو الأعلاف المنزرعة في تربة ملحية قد تظهر بقع جرداء لاينمو فيها شيء وتتسم المحاصيل بالتقزم. وكثيراً ما يدل مدى اتساع هذه البقع الجرداء، وتعد أعلى نسبة تركيز الأملاح في التربة. وفى حالة ما إذا كانت الملوحة منخفضة فإن المحاصيل تكون غير منتظمة من حيث درجة نموها وقوتها.

د - والملوحة المعتدلة إذا كانت متساوية في الحقل كله لاتظهر بوضوح لأنها لاتسبب أضراراً واضحة باستثناء أنها تحد من مستوى النمو .

هـ- أوراق النباتات التي تنمو في الأراضي الملحية تتميز بأنها:

١ - أصغر حجماً من الأوراق العادية .

٢- يكون لونها داكنًا أخضر يميل إلى الزرقة بدرجة أقوى مما هو في الأوراق العادية.

تؤدي ملوحة التربة إلى أضرار منها:

أ- زيادة العصارة النباتية وخصوصاً إذا كان تركيز أيونات الكلوريد عالية في التربة، في حالات كثيرة تتسم نباتات التربة بنفس مظهر النباتات التي تنمو في ظروف نقص الرطوبة (الجفاف) على الرغم من أن نسبة الرطوبة تبعد كثيراً عن نقطة الذبول لأن الضغط الأسموزي لمحلول التربة يتغير تدريجياً عادة، وتعدل النباتات محتواها الداخلي من الملح

بدرجة كافية للمحافظة على انتفاخها وتجنب ذبولها .

ب- يحدث تسمم فى النباتات ومن أعراضه حدوث الاحتراق الطرفي في الأوراق في النباتات الخشبية نتيجة لوجود عناصر مسببة للتسمم مثل أيونات الكلوريد والصوديوم والبورون .

جـ- في أحيان كثيرة يمكن للأصناف غير الخشبية أن تجمع في أوراقها مقداراً مساوياً أو أكثر من العناصر المذكورة دون أن يظهر عليها الضرر الذي يصيب النباتات الخشبية.

٢ . الأراضى الصودية (الأراضى القلوية غير الملحية)

Sodic soils (Non-saline alkali soils)

تحتوى هذه الأراضى على كمية من الصوديوم القابل للتبادل الأيونى تكفى للتأثير على نمو معظم نباتات المحاصيل المختلفة، ولكن لا تحتوى على نسبة كبيرة من الملح الذائب فى محلول التربة. وإذا بلغت النسبة المئوية للصوديوم القابل للتبادل الأيونى إلى أكثر من ١٥٪ والتوصيل الكهربى (EC) لمحلول تربتها المشبع أقل من ٤ مليموز/ سم فإن هذه التربة تعتبر قلوية غير ملحية وتحتوى أساساً على أملاح كربونات الصوديوم.

وتشير إحدى الدراسات إلى أن هذه الأرض تكونت نتيجة إزالة الأملاح مع الافتقار إلى القدر الكافي من الكاتيون ثنائي التكافؤ في بعض أنحاء دلتا مصر، وفى دراسات أخرى عن تكوين كربونات الصوديوم فى التربة بأن سبب ذلك أن المياه الجوفية التي تحتوي على الكربونات والبيكربونات من أهم العوامل التي تسهم في تكوين الأرض الصودية.

ونتيجة لارتفاع نسبة الكربونات والبيكربونات في مياه وادي الطميلات ونتيجة لعملية الـ Denitrification واختزال الكبريتات في ظل الظروف التي تفتقر إلى الهواء الطلق في وادي النطرون فاختزال أيونات الكبريتات في ظل الظروف اللاهوائية ووجود المواد العضوية يؤديان إلى تكوين كربونات الصوديوم.

ففي المواسم المطرية تتراكم المياه التي تحتوي على نواتج التجوية Weathering من

سليكات الألومنيوم في الطبقات السفلى من التربة وفي فترة الجفاف التالية يزداد تركيز محلول التربة نتيجة للبخر مما يؤدي إلى ترسيب الكاتيونات ثنائية التكافؤ الأمر الذي يسبب ارتفاع نسبة أيونات الصوديوم في محلول التربة وعلى فقد التربة مع زيادة الـ pH. ونتيجة لتكرارهذه العملية عبر السنين تتكون التربة الصودية وذلك كما يحدث في سهول نهر Indogongetic plains في شمال الهند.

قد تتكون الأراضى الغنية بالصوديوم في الأحواض المغلقة نتيجة تجاوز معدل البخر لمعدل الأمطار إذا كان رصيد الصوديوم المتبقي في المياه المتدفقة إلى الداخل موجباً.كذلك فإن المياه الجوفية التي تحتوي على صوديوم متبقي يمكن أن تتسبب في تكوين تربة صودية إذا كان مستوى المياه الجوفية قريباً من السطح ويتعرض للبخر بصورة قوية كما ذكر ذلك (Beek and Breeman 1973).

٣ ـ الأراضى الملحية القلوية Saline alkali soils

التوصيل الكهربى لمحلول التربة المشبع لهذه الأراضى قد يصل إلى أكثر من ٤ مليموز/ سم، وتصل النسبة المئوية للصوديوم القابل للتبادل إلى أكثر من ١٥٪.

الأضرار العامة التي تسببها التربة الملحية:

تؤثر التربة الملحية على النباتات تأثيراً ضاراً كمايلى:

يؤثر محلول التربة الملحي على إنبات البذور بصفة مؤقتة أو دائمة وذلك عن طريق عرقلته لامتصاص الماء. ومن المعروف أن بذور معظم النباتات لاتنبت إلا إذا خفف تركيز محلول التربة الملحي بمياه الأمطار .

عند نجاح إنبات البذور تحت هذه الظروف فإن ارتفاع تركيز الأملاح في محلول التربة يؤدي إلى خروج الماء من الشعيرات الجذرية إلى التربة فتتبلزم (Plasmalysis) خلايا الشعيرات الجذرية الماصة وتموت، ويتوقف الامتصاص وبذلك يذبل النبات ويموت .

وإذا ما تمكنت النباتات من النمو فى مثل هذه الظروف، فإنه يحدث خلل فى تغذيتها، ما لم تتكيف لاحتمال الفائض من موارد الأيونات التي تعطيها الأملاح.

ويتمثل الضرر الذي تسببه زيادة الأملاح غالباً في ظهور اللون الشاحب الذي يحدث للنباتات، وقد يتآكل القلف عند مستوى سطح التربة وذلك بسبب الأملاح وخاصة الكربونات التي تتركز في التربة السطحية بسبب الجفاف.

وقد تؤثر زيادة أملاح الكربونات أيضاً على تركيب التربة تأثيراً يؤدي إلى إتلاف معظم النباتات بسبب إذابة تلك الأملاح للدبال، ومنع تخثر الطين (تتشتت حبيبات الطين) وإنتاج الغرويات غير المنفذة للماء والجذور ، فتمتنع هجرة الأملاح الزائدة من منطقة الجذور ، ويتأثر بناء التربة مما يجعل إنبات البذور واختراق غمد الإنبات للتربة أمراً صعباً حيث تتشتت حبيبات التربة الصغيرة وتصبح مفردة مما يقلل من حجم مسام التربة ويضعف نفاذيتها للماء.

وتتوقف حدود احتمال الملوحة على نوع النبات وكذلك نوع الملح : فمع أن سمية كربونات الصوديوم، في الظروف الطبيعية ، تكاد تكون متساوية لسمية كلوريد الصوديوم، فإن الأول أسوأ الأملاح القلوية جميعاً وذلك بسبب تأثيره الضار بالتربة أيضاً، مما يزيد من شدة إضراره بالنبات. إن للوقت الذي تتركز فيه الأملاح على سطح التربة ، أهمية كبيرة ،فالقمح الشتوي مثلا – وهو الذي يتحمل في الظروف العادية ملوحة تقل عن ٠,٤ ٪ – قد لا ينجح إذا زرع في الخريف في أرض ينجح فيها البرسيم الربيعي عادة – مع أنه أقل تحملا للملوحة مقارنة مع القمح الشتوي. ويبدي بنجر السكر والبرسيم الحجازي حساسية شديدة للملوحة في طور البادرة ، لكنها تصبح شديدة التحمل في أطوارها التالية. وليس هناك سوى مجموعة قليلة من النباتات النافعة الاقتصادية، قادرة على النمو في تربة تزيد فيها كمية الأملاح القابلة للذوبان، في منطقة انتشار الجذور ، عن ١,٥ ٪ من الوزن الجاف للتربة.

تعريف النباتات الملحية

تتميز النباتات الملحية عن النباتات غير الملحية باستجابة نموها للأملاح حيث ينقص نمو

النباتات غير الملحية بزيادة تركيز الملح، في حين النباتات الملحية يستحث نموها بتركيز محدد من الملح.

ويرى Kreeb (1964) أن هذا النوع من التميز بين النباتات الملحية وغير الملحية عام، ولا يوضح تأثير تركيب البيئة على النمو. وعلى هذا الأساس قسم Harmes *et al*, (1953) (عن Waisel, 1972) النباتات غير الملحية وشبه الملحية Semihalophytes من المحاصيل إلى أربع مجاميع هي:

(أ) نباتات لا تستجيب للصوديوم في حالة نقص البوتاسيوم.

(ب) نباتات تستجيب بشكل إيجابي للصوديوم في حالة نقص البوتاسيوم.

(جـ) نباتات تظهر استجابة إيجابية قليلة للصوديوم حتى في وجود كمية مناسبة من البوتاسيوم.

(د) نباتات يستجيب فيها النمو بشكل كبير للصوديوم في وجود كمية كافية من البوتاسيوم.

ويمكن تعريف النباتات الملحية: بأنها النباتات التي تستطيع أن تعيش وتكمل دورة حياتها في تركيز مرتفع (٠,٥ إلى ٦٪) من الأملاح (عادة Nacl). ويستثنى من ذلك النباتات الملحية الكاذبة (عن Flowers, 1974).

تقسيم النباتات الملحية

قسم عدد من العلماء النباتات الملحية إلى عدة مجاميع وقد استعرض Waisel (1972) جميع هذه المحاولات للتقسيم.

تقسيم Van Ejik (1939)

١ - نباتات تقاوم الأملاح ولكن أفضل بيئة لتطورها هي بيئة غير مالحة وتقسم إلى:

(أ) نباتات توجد في البيئات المالحة فقط.

(ب) نباتات توجد في البيئات المالحة وغير المالحة.

٢- نباتات أفضل بيئة لتطورها هي البيئات المالحة وتقسم إلى:

(أ) نباتات توجد في البيئات المالحة فقط.

(ب) نباتات توجد في البيئات المالحة وغير المالحة.

تقسيم Iverson (1936)

قسم Iverson النباتات الملحية وذلك بناء على نوع البيئة التي تستوطنها إلى ثلاث مجموعات، وقسم البيئات المالحة إلى:

١ - بيئة محدودة الملوحة Oligohaline:

حيث إن تركيز كلوريد الصوديوم فيها يتراوح من ٠,٠١٪ إلى ٠,١٪ وتسمى النباتات التي تستوطن هذه البيئة بالنباتات محدودة الملوحة Oligohalophyte.

٢ - بيئة متوسطة الملوحة Mesohalaine :

حيث تركيز كلوريد الصوديوم فيها يتراوح فيها من ٠,١الى ١٪. وتسمى النباتات التي تستوطن هذه البيئة بنباتات متوسطة الملوحة Mesohalophytes

٣ - بيئة متعددة الملوحة Polyhaline:

حيث تركيز كلوريد الصوديوم فيها يصل إلى ١٪ وأكثر، والنباتات التي تستوطن هذه البيئة تسمى نباتات متعددة الملوحة Polyhalophytes، وتسمى النباتات التي توجد في جميع البيئات المذكورة، والنباتات التي تستوطن البيئة المتعددة الملوحة بالنباتات الملحية الحقيقية euhalophytes.

وقد عرف Flowers (1975) النباتات الملحية الحقيقية: بأنها النباتات التي تقاوم تركيزاً من كلوريد الصوديوم الذى لا يقل عن ١٪، ويستحث نموها بهذا التركيز من الملح.

تقسيم Chapman (1942)

١ – ميوهالوفيت Miohalophytes

نباتات تنمو في بيئة تركيز الملح فيها منخفض (أقل من ٠,٥٪ كلوريد الصوديوم)

٢ – نباتات ملحية حقيقية euhalophytes

نباتات تنمو في بيئة يكون تركيز الملح فيها مرتفعًا وتقسم إلى ثلاث مجموعات:

(أ) نباتات ملحية متوسطة الملوحة mesohalophytes

نباتات تنمو في ملوحة تركيزها يتراوح بين ٠,٥٪ و ١٪.

(ب) نباتات ملحية متوسطة حقيقية الملوحة mesoeuhalophytes

نباتات تنمو في بيئة تركيز الملح فيها ٠,٥٪ وأكثر.

(جـ) نباتات ملحية حقيقية وحقيقية الملوحة Eueuhalophytes

نباتات تعيش في بيئة أقل تركيز للملح فيها هو ١٪.

تقسيم Tsope (1939)

١ – نباتات ملحية إجبارية Obilgatory halophytes

نباتات تتطلب الأملاح في جميع دورة حياتها.

٢ – نباتات ملحية اختيارية Preferential halophytes

نباتات تتطلب الأملاح للنمو المثالي، ولكنها توجد في البيئات غير المالحة.

٣ – نباتات ملحية داعمة supporting halophytes

نباتات تستطيع أن تنمو في البيئات المالحة.

٤ – نباتات ملحية بالمصادفة accidental halophytes

نباتات توجد في البيئات المالحة بالصدفة.

تقسيم Weissenbock (1969)

١ – نباتات ملحية اختيارية Faccultative halophytes

نباتات يستحث نموها بكلوريد الصوديوم ولكن البوتاسيوم يمكن أن يحل محل الصوديوم.

٢– نباتات ملحية إجبارية Obligatory halophytes نباتات يستحث نموها بكلوريد الصوديوم فقط.

تقسيم Steiner (1935)

١ – نباتات ملحية عصارية Succulent halophytes

نباتات تقاوم تركيزاً مرتفعاً من Cl^- في أنسجتها نتيجة تكون الشكل العصاري.

٢ – نباتات ملحية غير عصارية Nonsucculent jalophytes

نباتات تقاوم الأملاح بإفراز الأملاح عن طريق الغدد الملحية.

٣– النوع المتراكم accumulating type

نباتات لا تمتلك طريقة للتخلص من الملح ويزداد تركيز الملح في أنسجتها حتى موت النبات.

تصنيف النباتات حسب تحملها للملوحة:

قسم Maas وآخرون (١٩٧٧) وGreenway وآخرون (١٩٨٠) النباتات وفقاً لتحملها للملوحة إلى ثلاث مجموعات رئيسية:

* **المجموعة الأولى** : النباتات الملحية Halophytes : وهي نباتات تتحمل التركيزات العالية من ملح Nacl (٢٠٠ – ٥٠٠) mM ، ويتحمل بنجر السكر أقل من m M٥٠٠ . ويؤثر

ملح Nacl في هذه المجموعة تأثيراً جيداً منشطاً للنمو.

* **المجموعة الثانية** : وتتضمن بعض النباتات الملحية ، والنباتات اللاملحية Glycophytes وهي تتحمل ملح كلوريد الصوديوم (Nacl) ضمن حدود تتراوح بين (٧٠ و ٢٠٠ mM): وتضم الدرجات التالية:

أ - **متحملة جداً**: وهي النباتات الملحية وحيدة الفلقة مثل *Festuca rubra* وبعض النباتات اللاملحية كالقطن والشعير.

ب - **متوسطة التحمل** : مثل الشيلم البرى والطماطم.

ج- **حساسة** : مثل الذرة الشامية ، وفول الصويا والجزر. ونشاهد في مثل هذه النباتات انخفاضاً في معدل النمو ، بدءاً من التركيزات الملحية الدنيا.

* **المجموعة الثالثة** : النباتات اللاملحية Glycophytes الحساسة جداً لملح كلوريد الصوديوم كالليمون الحامض.

ولذلك فإننا نشاهد اختلافاً بين الأنواع في تحمل الملوحة : فمثلا تتحمل نباتات الفاصوليا ٦٠ mM من كلوريد الصوديوم ويتحمل بنجر السكر (٢٦٠) mM (ويؤدي ذلك إلى انخفاض النمو بمعدل ٥٠ ٪). كما لوحظ وجود اختلافات في تحمل الملوحة بين الأصناف داخل النوع الواحد. ولقد لوحظت تباينات في مقاومة الملوحة بين أنواع القمح ، وحتى ضمن أصناف القمح الطري.

تأثير الأملاح على النبات Effects of salts on plants

قسم Levitt (١٩٨٠) أضرار أملاح الصوديوم إلى :

١ - أضرار الإجهاد الابتدائي:

وينشأ بشكل مباشر نتيجة تأثير الأملاح على نفاذية الأغشية، أو ينشأ بشكل غير مباشر نتيجة عدم الاتزان فى أيض النبات.

٢ - أضرار الإجهاد الثانوى :

حيث لا ينشأ عن الشد الذى يحدثه ذلك الإجهاد ولكن ينشأ بسبب اجهادًا آخر (الإجهاد الثانوى) يكون النبات قد تعرض له . فقد يتعرض النبات لإجهاد ملحى ولكن لا يضر النبات بصورة مباشرة، ولكن قد يسبب إجهادًا آخر مثل الإجهاد الجفافى على النبات حيث إن زيادة الأملاح فى بيئة الجذور تقلل من امتصاص الجذور للماء نظراً لنقص جهد ماء بيئة الجذور. وعند زيادة معدل النتح على معدل امتصاص الماء لفترة زمنية، يؤدى ذلك لتعرض النبات إلى إجهاد جفافى ويسمى ذلك بالإجهاد الجفافى الفسيولوجى.

وتسبب الأملاح نوعين من الإجهادات وهما

أ - الإجهاد الأسموزى Osmotic stress ويسمى أيضاً إجهاد الجفاف الفسيولوجى. حيث إن هناك دراسات عديدة تشير إلى أن تأثير الأملاح على إنبات بذور النباتات الملحية وغير الملحية يرجع إلى تأثير أسموزى، وذلك عن طريق تثبيط الأملاح نتيجة لتشرب البذور للماء وذلك نظراً لانخفاض الجهد المائى للمحلول الملحى.

ب - إجهاد نقص التغذية المعدنية:

حيث إن الإجهاد الملحى يسبب نقصاً كبيراً فى محتوى أنسجة النباتات غير الملحية لعدد من العناصر المهمة للنبات، حيث وجد أن التركيز المرتفع من الصوديوم يؤدى إلى تثبيط امتصاص عنصر الكالسيوم لنباتات القمح والأرز وقصب السكر (1980) Levitt ، ووجد أيضاً أن أوراق السبانخ قد حدث بها نقص فى عناصر الكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم نتيجة لزيادة أملاح الصوديوم ، وأن زيادة أيون الكلور فى بيئة الجذور أدت إلى نقص كبير فى كمية النترات فى أوراق الطماطم (Feigin ١٩٨٥).

وتؤثر الأملاح على عديد من العمليات داخل النبات مثل الإنبات ومراحل النمو والشكل الظاهرى والتركيب التشريحى وعلى بعض العمليات الأيضية والفسيولوجية وعلى العلاقات المائية والتبادل الغازى والتغذية المعدنية والمظاهر البيولوجية – ولذلك فإن معرفة استجابة

النباتات للإجهاد الملحى مهم جداً للدراسات الزراعية والفسيولوجية والبيئية وغيرها.

وتختلف المحاصيل من حيث قدرتها على البقاء وإنتاج محصول إذا مازرعت في أرض ملحية وهناك أوضاع يتحتم فيها التعايش مع مشكلات الملوحة وذلك في المناطق التي يكون مصدر الري الوحيد فيها المياه المالحة.

أما في الأوضاع التي تتوافر فيها مياه جيدة لإصلاح التربة المالحة فيكون من الأفضل زراعة المحاصيل التي تتوافق عملية إصلاح التربة لجعل الإصلاح مفيداً من الناحية الاقتصادية.

وهناك العديد من الدراسات عن التحمل النسبي لمختلف المحاصيل لملوحة التربة ومعلوم أن مدى احتمال المحاصيل للملوحة ليس خاصية ثابتة لنوع محصولي معين كما أنها تختلف تبعاً لمراحل نمو المحصول والظروف المناخية.

ويمكن حساب معامل الملوحة وفقاً لمعادلة (Dwivedi *et al*., 1991) كمايلي:

معامل الملوحة للمادة الجافة = الوزن الجاف للمعاملة / الوزن الجاف للكنترول ×١٠٠

ويتلخص التأثير الضار للأملاح على النباتات كما يلي:

١ - **حدوث جفاف فسيولوجي**: يحدث الجفاف الفسيولوجى كنتيجة للتأثير المباشر للضغط الأسموزي. حيث أوضحت الأبحاث أن ارتفاع الضغط الأسموزى لمحلول التربة يقلل من نسبة الماء التى تنتشر بها البذور قبل الإنبات Darrly *et al*, Hadas and Ruopo, 1976 (١٩٨٠) ومن نسبة الإنبات ومن طول الجذر (Kuruvadi 1988 , Allam et al. 1989).

٢- التأثير على الساق والجذور والأوراق .

٣- تغير في معدلات الهرمونات.

ويحدث انتقال للهرمونات من الجذور بدرجة أقل إلى الأوراق وذلك بسبب الإجهاد الملحي، مما يؤدي إلى التأثير على التوازن الهرموني في الأوراق، ويزيد من خشونة الجدار

الخلوي(O'Leary , 1970). ويتناقص اتساع الخلايا ويقل، بسبب ذلك، حتى ولو زودت الأوراق بقدر كاف من الماء.

٤- حدوث ضرر مباشر لعملية التمثيل الضوئي بشكل خاص.

٥- حدوث التنافس الأيوني : يحدث تنافس أيونى مما يزيد من استعمال الطاقة للحفاظ على التوازن بين البوتاسيوم والصوديوم (K:Na ratio) حيث إن نقص نمو نباتات الفاصوليا لتعرضه لكلوريد الصوديوم أدى إلى تراكم الكلور فى السيتوبلازم فى خلايا الورقة ، وأن نبات من جنس الترمس عند تعرضه إلى ٥٠ مليجزىء من كلوريد الصوديوم أدى إلى تراكم عنصر الصوديوم فى الخلايا العمادية والخلايا السفنجية فى النسيج الوسطى للورقة.

ويختلف تأثير الإجهاد الملحي على النوع نفسه أوالصنف ذاته، وفقاً لمرحلة النمو والتطور، والظروف الزراعية. ولذلك، فتحمل Tolerance الإجهاد الملحي، ليس ثابتاً بالنسبة لنوع ما أو لصنف محدد، ويمكنه أن يتبدل وفقاً للعمر الفسيولوجي أو مرحلة النمو. وقد وجد، Rao and Norlyn and Epstein , 1984 ، Maiti *et al.*,1996 ،Mc Neilly, 1999 أن درجة مقاومة الملوحة تختلف باختلاف الطراز الوراثى.

أولاً: تأثير الإجهاد الملحي على إنبات البذور ونمو البادرات:

تنخفض نسبة الإنبات ونمو البادرات تحت تركيزات كلوريد الصوديوم (Nacl) المختلفة وبدرجات متفاوتة من الانخفاض البسيط إلى التثبيط الكلى وذلك على حسب تركيز الملح ونوع المحصول (فمثلاً الكانولا تعتبر أكثر تحملاً من دوار الشمس والسمسم).

وتشير كثير من الدراسات، أن هناك اختلافات كبيرة لأنواع المحاصيل المختلفة تحت تأثير الإجهاد الملحي وذلك خلال مرحلة الإنبات، بالمقارنة مع ما يحدث نتيجة هذا التأثير خلال مراحل النمو الأخرى فنجد أن هناك نباتات غير الملحية glycophytes مثل القمح والشعير والذرة والأرز والبرسيم ودوار الشمس وفول الصويا تكون حساسة جداً للأملاح فى مرحلة

الإنبات وذلك لانخفاض الجهد الأسموزى لبيئة الإنبات والناتج عن زيادة تركيز الأملاح، ولا يحدث إنبات للبذور عند التركيزات المرتفعة من كلوريد أو كبريتات الصوديوم، وليس هذا فقط فى النباتات غير الملحية بل أيضاً يحدث فى بذور النباتات الملحية halophytes والتى يتم تثبيط إنباتها بالتركيزات المرتفعة من الأملاح، وتؤدى المستويات العالية من الملوحة إلى تأخير خفض معدل إنبات محاصيل القمح والشعير والأرز والشوفان والتريتيكال وتقل أطوال بادرات القمح تحت تأثير الإجهاد الملحى.

وتعتبر ملوحة مياه الرى وملوحة التربة من أهم المشاكل التى تعيق عملية التوسع فى الإنتاج الزراعى سواء التوسع الأفقى أو التوسع الرأسى مما أثار اهتمام العلماء لوضع حلول مناسبة لهذه المشكلة. وتختلف درجة تحمل النبات الواحد لملوحة مياه الرى باختلاف مرحلة نموه، وكذلك تختلف درجة مقاومة الملوحة باختلاف الطراز الوراثى. وعادة ما تكون قدرة الإنبات وقدرة النمو الأولى هى أكثر فترات النمو حساسية للملوحة (Ansari وآخرون ١٩٨٧).

وقد وجد Ungar (١٩٧٨) فى دراسة على إنبات بذور *Puccinellia nuttalliana* أن تركيز كلوريد الصوديوم عند ٠,٥٪ أدى إلى تأخير الإنبات ليوم واحد، بينما عندما زاد التركيز إلى ٢٪ أدى إلى تأخير الإنبات لمدة ٨ أيام، وذكر أيضاً أن التأخير فى الإنبات عادة يعتمد على النوع النباتى وعلى تركيز الملح.

وقد وجد عيسى وحمد (١٩٩٩) عند دراسة استجابة فول الصويا إلى الملوحة، أن زيادة الملوحة أدت إلى انخفاض معنوى فى كل من نسبة الإنبات وارتفاع النبات .

وكذلك وجد المشيلح وآخرون (١٩٩٩) أن زيادة الملوحة على إنبات الخريزة أدت إلى حدوث انخفاض حاد فى نسبة الإنبات من ٢٤ إلى ٨٨ ٪ بزيادة الملوحة من ١ × ١٠ ^{٣} إلى ٤٠ × ١٠ ^{٣} مليجرام/ لتر.

تمتاز بذور النباتات الملحية عن بذور النباتات غير الملحية وذلك بمقدرتها على أن تبقى حية

لفترة زمنية طويلة وذلك تحت ظروف من الاجهاد الملحى المرتفع، وتنبت عندما يرتفع جهد ماء التربة.

واستنتج Ungar (١٩٧٨) أن تأثير ماء البحر وكلوريد الصوديوم إنبات بذور النباتات الملحية يرجع إلى التأثير الأسموزى بسبب عدم تشرب البذور للماء. فمثلاً، تستطيع حبوب الذرة الصفراء ونبات الفاصوليا (وهما محصولان حساسان للملوحة بشكل عام) الإنبات تحت تركيزات عالية من الأملاح لا تستطيع بذور بنجر السكر تحملها (وهو محصول عالي التحمل للملوحة عموماً).

إن بنجر السكر من النباتات التي تتحمل الملوحة أكثر من غيرها من المحاصيل لذلك يعتبر من المحاصيل التي يمكن زراعتها في الأراضي حديثة الاستصلاح.

ولكن يجب ملاحظة أن بادرات هذا النبات في أطوارها الأولى تكون حساسة للملوحة (طور الإنبات) حيث تنخفض نسبة الإنبات كثيراً عند زيادة تركيز كلوريد الصوديوم عن ٠,١٪ أدى ذلك إلى موت الجذر الرئيسي للبادرات.

وقد أشار كثير من الباحثين إلى انخفاض نسبة ظهور البادرات عندما تزداد ملوحة التربة عن ٤ مليموز (٢٥٠٠ PPM) وأن نسبة الإنبات تنخفض إلى ٥٠٪ عندما كان تركيز الأملاح ١٢ مليموز (٧٥٠٠ PPM) وتنخفض إلى ٣٠٪ عندما كان تركيز الأملاح ١٦ مليموز (١٠٠٠٠ PPM) وتزداد خطورة الملوحة بزيادة درجات الحرارة، حيث إن تأثير الملوحة يكون قليلاً على إنبات بذور نباتات بنجر السكر تحت درجات الحرارة المنخفضة (١٠ درجة مئوية ، ٢٠ درجة مئوية) بينما كان تأثيرها التثبيطي على الإنبات واضحاً في درجات الحرارة الأعلى من ذلك.

وأوضح أبو سمرة والكركى (١٩٩٩) أن زيادة الملوحة تؤدى لنقص نسبة الإنبات وسرعة الإنبات لمحصول القمح عند إجراء عملية الانتخاب لأصناف تتحمل الملوحة.

ويسبب تبخر الماء من سطح التربة، وتحركه في الخاصية الشعرية من الأسفل باتجاه السطح، تراكم الأملاح في الطبقات العليا من سطح التربة، حيث تزرع البذور. وهكذا يحدث الإنبات، بشكل طبيعي، في الطبقات حيث تركيز الأملاح أعلى من متوسط تركيزها في مقطع التربة كاملاً. ولذلك فبذور المحاصيل التي تعطي جذراً وتدياً طويلاً أو التي لها نظام جذري ينمو بعيداً بسرعة تصل بنموها إلى طبقات التربة ذات المحتوى الملحي الأقل وهي أكثر مقدرة على النمومن تلك البذور التي تكون قادرة على الإنبات تحت تأثير تركيزات عالية من الملوحة لكن أنظمتها الجذرية بطيئة النمو أو ذات مرحلة إنبات طويلة.

وتختلف الاستجابة للإجهاد الملحي خلال مرحلة الإنبات تماماً عنها في المراحل المتأخرة. حيث يعزى انخفاض نسبة الإنبات تحت الظروف الملحية إلى زيادة الضغط الأسموزي (osmosis) لمحلول التربة مما يقلل من معدل امتصاص الماء ويؤدي إلى الإجهاد الرطوبي (الجفاف) في البذور. ويعتبر الإنبات ونمو البادرة من المراحل الحرجة حيث إن حساسية الجذير للأملاح تكون عالية وذلك لأن مقدرة المحصول على الإنبات ونمو البادرات بشدة يشكل عاملاً محدداً لإنتاجية المحصول. ومع أن بعض أنواع المحاصيل عالية التحمل للإجهادات الملحية في مراحل نموها المتأخرة نجد أنها حساسة تماماً خلال مرحلة الإنبات والعكس صحيح (Berustein و آخرون ١٩٨٥).

كما يمكن أن يعزى انخفاض وتأخر الإنبات إلى امتصاص وتدفق الأيونات بكميات كبيرة إلى حد يجعلها سامة للجنين.فقد أوضح Redmann (١٩٧٤) أن كبريتات الصوديوم أكثر سمومية من كلوريد الصوديوم على إنبات بذور البرسيم.

وفى دراسة أجراها Chaudhuri and Wiebe (١٩٦٨) على محصول القمح وجدا أن كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم عند تركيز مئوى متساوى أدى إلى اختلاف فى تأثير هذين الملحين على النسبة المئوية للإنبات ، وكان كلوريد الصوديوم أكثر تثبيطاً على الإنبات مع أن كلوريد الكالسيوم أقل فى الجهد الأسموزى ، مما يدل على التأثير السام لكوريد الصوديوم

على الإنبات.

ولقد بينت الأبحاث أن هناك اختلافات كبيرة في تحمل الملوحة بين أصناف بعض المحاصيل المهمة عن طريق إجراء دراسات معملية .Maiti et al (١٩٩٦) وتشير الدراسات إلى أن البذور المغطاة (غير المقشورة) من الأرز كانت أكثر مقاومة للضرر الناتج عن ملح Nacl بالمقارنة مع البذور المقشورة وتعطي بذلك نسبة إنبات أعلى. فقد وجد Ungar (١٩٧٨) أن غمر البذور فى تركيز عالى الملوحة أدى إلى عدم الإنبات وبعد نقلها إلى ماء مقطر بدأ إنباتها الطبيعى، مما يعزى ذلك إلى أن الملوحة العالية غير سامة، ويرجع ذلك إلى عدم تشرب البذور للماء نتيجة التأثير الأسموزى. كذلك أوضح Barbour (١٩٧٠) أن تأثير كلوريد الصوديوم على إنبات بذور النبات هو تأثير أسموزى حيث إنه قد تم نقل البذور بعد غمرها فى محلول ملحى عالى التركيز إلى ماء مقطر وقد أدى ذلك إلى إنبات هذه البذور.

ولقد لاحظ Wahhab وآخرون (١٩٥٧) تباينات صنفية واضحة في تحمل الإجهاد الملحي خلال مرحلة الإنبات في القمح والقطن والذرة الصفراء وقد حقق صنف واحد معدل إنبات وصل إلى ٩٠ ٪ في محلول ملحي تركيزه ٠,٣ ٪ بينما لم تحقق أربعة أصناف أخرى معدلات إنبات تراوحت بين ١٥ – ٦٠ ٪ باستخدام التركيز الملحي نفسه.

وقد أشار كثير من الباحثين إلى انخفاض نسبة ظهور البادرات عندما تزداد ملوحة التربة عن ٤ مليموز (٢٥٠٠ PPM) وأن نسبة الإنبات تنخفض إلى ٣٠٪ عندما كان تركيز الأملاح ١٢ مليموز (٧٦٠٠ PPM) وتنخفض إلى ٥٠٪ عندما كان تركيز الأملاح ١٦ مليموز (١٠٠٠٠ PPM) وتزيد خطورة الملوحة عندما تزيد درجة الحرارة كما حدث فى محصول بنجر السكر الذى يتحمل تأثير الملوحة الخفيفة عند الإنبات تحت ظروف درجة الحرارة المنخفضة، ولكن عندما تزيد درجة الحرارة فإن تأثير نفس تركيز الملوحة يثبط من عملية الإنبات.

وأوضح Flowers and Yeo (١٩٨١) أن الأصناف المختلفة من الأرز تختلف فى حساسيتها لكلوريد الصوديوم، وتأثير الملوحة على بادرات الأرز يعتمد على تركيز الملح وعمر

النبات. وتؤثر الملوحة على كل من الوزن الرطب والجاف للبادرات في القمح والذرة الصفراء والشعير والشوفان.

وتعتبر مرحلة إنبات البذور ، المرحلة الأكثر حساسية للملوحة وذلك لحساسية الجذير للأملاح.

ولقد أوضح Gill وآخرون، أن نوعية الضرر الملحي، في المراحل المبكرة من نمو وتطور نبات الأرز ، يمكن أن يعزى إلى امتصاص الماء من قبل الحبوب ، ويلي ذلك انخفاض الفعالية الإنزيمية، والامتصاص العالي للصوديوم Na^+ أكثر من البوتاسيوم K^+ من قبل الحبوب. وبالمقابل، وجد أن التراكم المنخفض للصوديوم، والمحتوى العالي ، نسبياً من البوتاسيوم في الأوراق يؤدي إلى زيادة تحمل النبات للملوحة (Janardhan وآخرون، ١٩٨٦).

وخلافاً للمحاصيل الأخرى نرى أن بنجر السكر أقل تحملاً للملوحة في مرحلة الإنبات وشديد الحساسية خلال المرحلة المبكرة لنمو البادرة ثم تزداد به تدريجياً المقاومة كلما اقترب موعد النضج (Maas ١٩٩٠)، ولذلك لامعنى لتحمل الملوحة في طور الإنبات ما لم يلي ذلك التحمل في طور اختراق البادرة للتربة ومرحلة النمو المبكرة للبادرات (Gupta ، ١٩٩٠).

ولقد أشار Bhumbla وآخرون (١٩٦٦) أن الشعير كان أكثر تحملاً للملوحة عند الإنبات، ويليه القمح ثم بنجر السكر فالبرسيم.

ثانياً: تأثير الإجهاد الملحي على النمو الخضري:

تختلف الأنواع النباتية بدرجة كبيرة فى نموها تحت ظروف الإجهاد الملحى، فنجد أن هناك بعض النباتات يكون نموها جيدًا فى الظروف الملحية والبعض الآخر يكون نموها ضعيفًا بل قد يصل إلى حد التثبيط للنمو أو الذبول والموت. وبالتالى يتأثر فى النهاية المحصول الذى يتأثر بدرجة كبيرة بالنمو الجيد للنبات.وتوجد اختلافات معنوية كبيرة بين النباتات فى قدرتها على تحمل الملوحة، فنجد أن قمح الخبز يكون أكثر تحملاً للموحة عن قمح الديورم وعن أنواع

أخرى مثل الذرة والأرز ، كما أن بعض أصناف قمح الخبز أكثر تحملاً عن البعض الآخر والنباتات البالغة أكثر تحملاً عن البادرات (رواسن وآخرون ١٩٨٨).

ويتم انخفاض معدل النمو للنباتات المنزرعة تحت الإجهاد الملحى ، حيث لا تتمدد الأوراق والأفرع، وعندما يتراكم الملح فى الأنسجة فإنه يؤدى قبل الأوراق، بل النبات بالكامل. وعموماً لا توجد نقطة حرجة من الملوحة يتوقف عندها نمو النبات ، حيث إن ارتفاع درجة الملوحة يعمل على تقليل نمو النبات إلى أن يتراكم به كميات كبيرة من الكلور وبعد ذلك يموت النبات.

إن تأثير الملوحة قد يكون مباشراً أو غير مباشر على النمو وذلك كما ذكر Levitt (١٩٨٠) ومن بين التأثيرات المباشرة للإجهاد الملحى على النمو :

١- نقص المحتوى المائى فى المناطق النامية.

٢- نقص عوامل مركبات النمو التى تصل للمناطق النامية.

٣- نقص كمية نواتج البناء الضوئى التى تصل للمناطق والخلايا النامية Tale (١٩٨٣).

وبناء على نتائج أبحاث عديدة أجريت على تأثير الإجهاد الملحى على نمو النباتات .

وقد وجد الباحثون أن سبب تثبيط الأملاح للنمو يعزى إلى :

١- الإجهاد الأيونى أو السمومية الأيونية الراجعة إلى تراكم بعض الأيونات غير العضوية السامة مثل الصوديوم ، الكلوريد.

٢- تعرض النباتات للإجهاد الجفافى نتيجة وجودها فى وسط ملحى.

٣- إجهاد عدم الاتزان الأيونى ، أو نقص التغذية المعدنية فى أنسجة النبات.

وقد ذكر Munns وآخرون (١٩٨٣) أن الإجهاد الملحى يؤثر تأثيراً بالغاً على نمو النبات عن طريق تأثيرها على الانقسام الخلوى ، أو عن طريق تثبيطها لتمدد الخلايا وأكثر أجزاء

المجموع الخضرى حساسية للنمو هى الخلايا النامية.

وقد أوضح أبو سمرة والكركى (١٩٩٩) عند انتخاب أصناف من القمح تتحمل الملوحة أن زيادة الملوحة أدت إلى نقص الوزن الجاف للنمو الخضرى.

وقد حدد Richards (١٩٥٤) تحمل الإجهاد الملحي كمياً بمقدرة النبات على النمو بمعدلات تصل إلى ٥٠٪ من نمو النباتات الكنترول وبناء على ذلك فإنه توجد تباينات كبيرة بين الأنواع: حيث يتحمل بنجر السكر (٢٦٠) mM من كلوريد الصوديوم (Nacl) وتتحمل الفاصوليا (٦٠) mM من كلوريد الصوديوم.

وأوضح Hoffman and Jobes (١٩٧٨) فى دراسة على نمو الشعير والقمح والذرة على تركيزات مختلفة لكلوريد الصوديوم أنهما وجدا أن هناك تثبيطاً لنمو نبات الشعير بلغ ١١٪ عند التركيز المرتفع (١,٥ ميجاباسكال) ونقص نمو نبات القمح ٨,٧ ٪ (عند -٠,٩ ميجاباسكال) ويثبط نمو نبات الذرة بمقدار ١٧٪ عند تركيز (-٠,٥ ميجاباسكال) مقارنة بالتركيز المنخفض وهو (-٠,٤ ميجاباسكال) للمحاصيل الثلاثة ووضح أن الشعير هو الأكثر مقاومة ، وتلاه القمح ثم الذرة.

ويؤثر الإجهاد الملحي على جميع مراحل النمو والتطور:

حيث يمكن ملاحظة بعض هذه التأثيرات مثل:

١ - تأخير او توقف النمو.

فقد وجد Sharma وآخرون (١٩٨٥) أنه قد حدث انخفاض فى نمو النبات بصورة كبيرة. كما أن زيادة الملوحة تؤدى لتأخير النمو عند معظم المحاصيل (الحديثى وآخرون ١٩٩٢). ويرتبط انخفاض النمو مع قلة كبيرة فى نقل الذائبات (الرحمانى وآخرون ١٩٩٦) وقد تأثر نمو محصول الشعير قليلاً فى التركيزات المنخفضة من كلوريد الصوديوم أما التركيزات المرتفعة فقد أدت إلى انخفاض النمو بصورة كبيرة (الرحمانى وآخرون ١٩٩٧) ويؤدى لزيادة

تراكم الصوديوم والكلور فى الأوراق (Soliman and Kostandi ١٩٨٨) وانخفاض البوتاسيوم والكالسيوم – كما أن النباتات الأكثر تحملاً للملوحة تسمح بتراكم البوتاسيوم على حساب الصوديوم فى المجموع الخضرى Haddad and Coudret (١٩٨٩) وهذا مهم جداً لمربى النبات وينتخب على أساس هذه الصفة.

وقد وجد المشيلح (٢٠٠٣) أن زيادة مستويات ملوحة مياه الرى أدى إلى انخفاض معنوى لمراحل النمو المختلفة فى نباتات البطاطس.

إن البرسيم الحجازى يتأثر بملوحة التربة حيث تؤدى إلى ضعف الإنبات والنمو وتعوق من انتشار جذوره.

أما من ناحية تأثير الملوحة على نمو بنجر السكر فتشير الدراسات إلى التأثير المفيد لملح الطعام على تشجيع النمو وتكوين المادة الجافة بالإضافة إلى زيادة ناتج الجذور والسكر في بنجر السكر ولكن في حالة زيادة الملوحة عن ١٢ مليموز (PPM ٧٥٠٠) فإن نقاوة العصير تنخفض بزيادة الملوحة.

وأوضح الرحمانى وآخرون (١٩٩٧) أن التركيزات المرتفعة للملوحة على نباتات الشعير أدت إلى انخفاض النمو وكان هذا الانخفاض حاداً فى التركيزات من ١٠٠–٢٥٠ مليموز.

ودرس عمر (١٩٩٦) استجابة محصول الذرة الشامية للآلار تحت الإجهاد الملحى، حيث أوضح أن زيادة ملوحة التربة أدت إلى نقص نمو النبات.

٢ ـ تثبيط نمو الجذور.

فقد وجد Cramer وآخرون (١٩٨٦) فى دراسة على جذور نبات القطن أن التركيز المنخفض من كلوريد الصوديوم (٢٥ مليجزىء mM) يستحث النمو ، بينما التركيز المرتفع أدى إلى حدوث تثبيط النمو خاصة تثبيط فى نمو الجذور. ويحدث تقزم للمجموع الجذرى ونقص تفرعاته وانتشاره.

وقد أوضح Poljakoff and mayber (١٩٧٥) أن ملح كلوريد الصوديوم ، كبريتات الصوديوم أدت إلى نقص تفرع الجذور فى نبات القمح.

وتشير معظم الدراسات أن هناك علاقة خطية بين الانخفاض في نمو الجذور، وازدياد الملوحة.

وأشار Roth إلى انخفاض الوزن الجاف للساق تحت تأثير Nacl.

ويتأثر الطول الكلي للجذر ومتوسط طول الجذر وعدد الجذور ومعدل طول الجذر لثلاثة أصناف من القمح بطرق مختلفة ومتعاكسة أحياناً تحت تأثير الإجهاد الملحي (Sarin، ١٩٦١).

٣ - صغر حجم الأوراق.

إن الإجهاد الملحى يؤثر على كل من النمو والشكل الظاهرى والتركيب التشريحى للأوراق علاوة على أن الأوراق يكون لونها أخضر مزرق. حيث أثر الإجهاد الملحى على تثبيط معدل نمو أوراق النباتات غير الملحية وذلك كما فى محصول القمح والشعير – وقد أوضح Delane وآخرون (١٩٨٢) أن معدل نمو أوراق نبات الشعير قد نقص فى خلال دقائق من تعرضها إلى ملح كلوريد الصوديوم.

وقد أوضح Asana and Kale (١٩٦٥) حدوث انخفاض في حجم الورقة لمحصول القمح .

وذكر Termat وآخرون (١٩٨٥) أنه قد حدث تثبيط لمعدل نمو أوراق نبات القمح والشعير بمقدار ٢٠٪ وذلك عند تعرضها إلى ١٠٠ مليجزىء من كلوريد الصوديوم.

وقد درس عبد الحميد (٢٠٠٢) تأثير ملوحة ماء الرى على بعض أصناف الذرة الصفراء وقد أدت الملوحة إلى اختزال مساحة الورقتين الثالثة والرابعة فى بعض الأصناف.

وقد أوضح Neumann وآخرون (١٩٨٨) أن الإجهاد الملحى أدى إلى نقص مساحة الأوراق لنبات الفاصوليا.

وقد ذكر أيضاً أن سبب تثبيط الإجهاد الملحى لنمو الأوراق قد يكون سببه مايلي:

١- نقص ضغط امتلاء الخلايا. ٢- نقص قابلية الجدار الخلوى للتمدد.

واستدل بعض الباحثين على أن تثبيط الإجهاد الملحى لنمو أوراق القمح والشعير ليس سببه نقص ضغط الامتلاء فى خلايا الأوراق -بل إرسال الجذور إشارة إلى الأوراق لتتحكم عن طريقها فى معدل نمو الأوراق Termatوآخرون (١٩٨٥).

٤- انخفاض كل من الوزن الرطب والجاف لمختلف أجزاء النبات:

أجرى Guach and Eaton (١٩٤٢) دراسة على نمو نبات الشعير حيث قام بدراسة تأثير كل من كلوريد الصوديوم (١٠٠ مليمكافىء)، كبريتات الصوديوم (٢٠٠ مليمكافىء) على نمو نبات الشعير، ووجدا أن كلاً من الملحين يسببان نقصاً فى كل من الوزن الجاف والوزن الرطب.

عند استخدام مياه ري مالحة وجد أن الري بماء مالح تركيزه ٦٠٠٠ PPM لمحصول بنجر السكر قد أدى إلى نقص كبير في الوزن الرطب والجاف لكل من المجموع الخضري والجذري.

ولقد لاحظ Pakroo وآخرون (١٩٨١) انخفاض الوزن الجاف والتناسب بين كل من الساق: جذر، وارتفاع النبات، ومساحة ورقة العلم في دوار الشمس، بازدياد الملوحة Nacl.

وأوضح Niemann and Pohlsen (١٩٦٧) فى دراسة على استجابة القطن لتركيز كلوريد الصوديوم قدره (٧٢ مليمكافىء/ لتر) أن الوزن الرطب والجاف نقصت بمقدار ٥٨٪ ، ٧١٪ مقارنة بالنباتات غير المعاملة- كما وجدا أيضاً أن هناك نقصاً فى الوزن الرطب لساق الفاصوليا بمقدار ٦٩٪ ونقصاً فى الوزن الجاف بمقدار ٩١ ٪ مقارنة بالكنترول.

كما أوضح Sharma وآخرون (١٩٨٥) أنه قد حدث انخفاض فى كل من الوزن الرطب والجاف وارتفاع النبات وذلك نتيجة الإجهاد الملحى.

وأوضح أبو سمرة والكركى (١٩٩٩) أن الإجهاد الملحى أدى إلى تناقص الوزن الجاف للنمو الخضرى والجذرى لمحصول القمح.

وأوضح عيسى وحمد (١٩٩٩) عند دراسة استجابة فول الصويا للملوحة أدى زيادة الملوحة أدت إلى انخفاض معنوى فى الوزن الجاف للجزء الخضرى والجذرى.

وفى دراسة أجراها Seemann and Critchly (١٩٨٥) على تأثير كلوريد الصوديوم على الفاصوليا وجدا أن كلوريد الصوديوم قد أثر تأثيراً سلبياً على كل من الوزن الرطب والجاف لكل من المجموع الخضرى والجذرى وحدث تراكم لكل من الكلورايد والصوديوم فى السيتوبلازم والبلاستيدات الخضراء والفجوات العصارية لخلايا الأوراق.

ووجد Cerda وآخرون (١٩٨٢) أن الإجهاد الملحى أدى إلى تثبيط نمو الصنفين المستخدمين فى دراسة لنبات البازلاء وكان الوزن الجاف قد انخفض بمقدار ٥٠٪ مقارنة بالكنترول الذى انخفض بمقدار ٢٦٪ عند المعاملة بأقل تركيز.

٥ ـ قلة عدد الأوراق في النبات ومساحتها.

أوضح Sharma وآخرون أن الإجهاد الملحى يؤدى إلى انخفاض عدد الأوراق ومساحة الورقة. وتشير الدراسات إلى تأثير الملوحة على بنجر السكر بأنها قد أدت إلى نقص المساحة الورقية.

وأوضح Yasseen وآخرون (١٩٨٧) أن هناك انخفاضاً فى مساحة الورقة في صنفين من الشعير تحت تأثير الإجهاد الملحى.

وقد أوضح أبوسمرة والكركى (١٩٩٩) عند دراسة انتخاب أصناف من القمح لتحمل الملوحة أن زيادة الملوحة أدت إلى تناقص مساحة الأوراق.

٦ ـ انخفاض المحصول.

تختلف النباتات اختلافاً كبيراً فى تحملها للملوحة الموجودة بالتربة وكما هو موجود بالجدول التالى (جدول ١).

جدول (١) يوضح تأثير الإجهاد الملحى على محصول النباتات.

م	نوع التربة حسب تأثرها بالملوحة	درجة التوصيل الكهربى EC (ds/m)	تأثير نوع التربة على الإنتاجية
١	تربة غير ملحية	صفر –٢	لا تؤثر على المحصول
٢	تربة خفيفة الملوحة	٢– ٤	قد تتأثر المحاصيل الحساسة فى الإنتاجية
٣	تربة متوسطة الملوحة	٤ – ٨	تنخفض إنتاجية عديد من المحاصيل
٤	تربة شديدة الملوحة	٨ –١٦	تعطى المحاصيل المقاومة للملوحة فقط إنتاجية – بينما المحاصيل الأخرى لا تعطى
٥	تربة شديدة الملوحة جداً	١٦ فأكثر	تعطى بعض المحاصيل شديدة الملوحة فقط إنتاجية تحت هذه الظروف

ولقد لاحظ Osaro (١٩٩٢) انخفاض إنتاج الحبوب في الدخن وأشار إلى قلة معدل ظهور السنابل وانخفاض متوسط طول الأشطاء ومتوسط وزن السنبلة ووزن ١٠٠٠ حبة.

وقد ذكر Hoffman and Jobes (١٩٧٨) أن محصول الشعير قد انخفض من ٣٨,١ جم/ نبات (عند –٠,٤ ميجاباسكال) إلى ٤,٤ جم/ نبات (عند –١,٥ ميجاباسكال) وأن محصول القمح انخفض من ٢٥,١ جم/ نبات (عند –٠,٠٤ ميجاباسكال) إلى ٢,٢ جم/ نبات (عند –٠,٩ ميجاباسكال) ، وأن محصول الذرة انخفض من ١٦٨ جم/ نبات (عند –٠,٠٤ ميجاباسكال) إلى ٣٠جم/ نبات عند –٠,٥ ميجاباسكال).

ولاحظ Gupta وآخرون (١٩٨٧) أن الإجهاد الملحي في التربة يؤثر تأثيراً سلبياً على جميع الصفات المورفولوجية للدخن .

وقد أوضح Asana and Kale (١٩٦٥) عند دراسة على محصول القمح حدوث انخفاض في كل من وزن الساق ووزن ١٠٠٠ حبة والمحصول من الحبوب وذلك بسبب الملوحة.

ووجد الهوارى وقشطة (١٩٩٨) عند تقييم تحمل الملوحة فى بعض هجن دوار الشمس أن زيادة الملوحة أدت إلى انخفاض محصول البذور والزيت للفدان وكذلك قطر القرص ودليل الحصاد.

ودرس عمر (١٩٩٦) استجابة محصول الذرة الشامية للآلار تحت الظروف الملحية، حيث وجد أن زيادة ملوحة التربة أدت إلى نقص محصول الحبوب ومكوناته، بينما الرش بالآلار يقلل من تأثير الملوحة.

ووجد المشيلح (٢٠٠٣) عند دراسة تأثير الإجهاد الملحى على إنتاج البطاطس أن إنتاجية هذا المحصول قد انخفضت معنوياً مع زيادة مستويات ملوحة مياه الرى.

وتؤثر الملوحة علياالأشطاء وشكل السنبلة والنمو الخضري والمحصول وحجم الحبة حيث إنها تقل تحت تأثير الملوحة ويزداد العقم .

وتنخفض شدة إنتاج الأزهار في الحمص تدريجياً بازدياد معدل الملوحة من كلوريد وكبريتات الصوديوم.

ووجد Cerda وآخرون (١٩٨٢) أن الإجهاد الملحى أدى إلى نقص كل من وزن القرون والوزن الجاف لبذور النبات الواحد عند دراسة تم إجراؤها على صنفين من البازلاء.

ثالثاً: تأثير الإجهاد الملحي على نواتج العمليات الحيوية في النبات:

تؤثر الملوحة على العمليات الحيوية (Metabolisme) في النبات وتسبب تغيراً فى الشكل المورفولوجى والتشريحى. وتعتبر هذه التغيرات هى التى تؤدى إلى زيادة من إمكانية النبات على تحمل الإجهاد الملحي. ويمكن أيضا اعتبار هذه التغيرات مؤشرات على الضرر وإخلال فى توازن العمليات الحيوية للنبات.

وتؤدى الملوحة العالية أيضاً إلى إتلاف وظيفة الصفيحة الوسطى فى قدرتها الاختيارية فى نفاذية الكاتيونات.

ويؤثر الإجهاد الملحى كذلك على حدوث تنافس أيونى مما يزيد من استعمال الطاقة للحفاظ على توزان (K^+/Na^+ ratio).

وقد أوضح Ziska وآخرون (١٩٩٠) أن الإجهاد الملحى يسبب نقصاً فى نشاط الإنزيمات التى تحفز تثبيت ثانى أكسيد الكربون لنباتات الفاصوليا.

وتترافق عمليات إعاقة النمو الناتجة عن الملوحة مع وجود إخلال واضطراب في عملية حيوية واحدة أو أكثر وذلك يتوقف على طبيعة الملوحة وشدتها والنوع النباتي. ولا يعزى توقف نمو النبات إلى عملية حيوية واحدة لأن نمو النبات ينتج عن عمليات فسيولوجية منتظمة عديدة متداخلة. ولكى يستطيع النبات التكيف مع الظروف المحيطة الصعبة فإن الأمر يتطلب حدوث تغيرات تؤدى إلى تكيف في حيوية الخلية وتركيبها. ولذلك نجد أن من أكثر الآليات التي تساعد النبات في التغلب على الإجهادين الملحي والمائي هي تراكم المواد الذائبة بين المسافات الخلوية كالسكريات والأحماض العضوية (الأحماض الأمينية) (Dubey وآخرون ١٩٨٩). ومن أكثر المركبات المحتوية على الأزوت والتي تتراكم في النباتات المعرضة للإجهادات البيئية هى الأميدات (الجلوتامين والأسباراجين) و الأحماض الأمينية (الأرجنين والبرولين والسيترولين والأونثين) ومتعدد الأمينات (البروتريسين). ويعتبر تراكم البرولين عند الجفاف الناتج عن الإجهاد المائي أو زيادة الضغط الأسموزي من أكثر ردود الفعل النباتي تكراراً وانتشاراً. ولقد لوحظ تراكم البرولين في أنسجة النبات المعرضة للإجهاد المائي لأول مرة عام ١٩٥٤.

وقد أوضح Sakr وآخرون (٢٠٠٣) فى دراسة تركيبية وفسيولوجية ومحتوى الزيت للكانولا تحت تأثير الملوحة، وجدوا زيادة كل من تراكم البرولين والكربوهيدرات الذائبة الكلية، وأن بعض الدراسات قد أوضحت أن زيادة ملوحة التربة أثرت على محصول الكانولا حيث أدت إلى نقص الجهد المائى للورقة والقوة الأسموزية والنتح والتوصيل الثغرى

والهيدروليكى.

وتشير التجارب إلى أنه يتم تكوين وتراكم البرولين من جديد بسبب الإجهاد الملحي الذي يؤدي إلى حدوث إجهاد مائي، حيث إن الكميات المتراكمة من البرولين في الأنسجة كانت أكبر من الكميات الناتجة عن تحليل البروتينات. ولقد لوحظ تراكم البرولين في كثير من الأنواع النباتية كنتيجة للإجهادين الملحي والمائي (Bruria and Heuer ، ١٩٩٤). ووجد أن البرولين الحر المستخلص من أوراق خمسة أصناف من القمح في طور الأشطاء كان يزداد بازدياد تركيز أملاح الصوديوم (Sharma ، ١٩٩٢). ولقد وجد أن النباتات المتحملة للملوحة يحدث بها تراكم كميات هائلة من البرولين بالمقارنة مع النباتات غير المتحملة، ولقد لوحظ ذلك في الأرز وبنجر السكر والقمح والشعير (Bal and Farquhar ١٩٨٤). ووجد Dreier (١٩٨٧) أنه عند غياب الكالسيوم Ca^{++} فإن معدلات منخفضة من كلوريد الصوديوم في المحلول تؤدي إلى زيادة محتوى البادرات من البرولين وإذا ما زاد معدل كلوريد الصوديوم عن (١٥٠)mM تتضرر الجذور، وعند معدل مساو لـ (١٣٠) mM من كلوريد الصوديوم فإن معدل البرولين يرتفع بشدة ولكن إضافة (5×10^4) mM من الكالسيوم فإنه يزيد من هذه النقطة الحرجة إلى (١٨٨) mM من كلوريد الصوديوم .

ويترافق تراكم البرولين مع اصفرار وأذى النبات ولذلك لم يكن له قيمة وقائية في فول الصويا ولذلك لا يعتبر وجود البرولين مؤشراً حساساً للإجهاد الملحي في فول الصويا (Moftan، وآخرون ١٩٨٧)، وتؤثر الملوحة الناتجة عن الكلوريد والسلفات على عملية تراكم البرولين في أوراق نبات الحمص، ومع ذلك كان تراكم البرولين أعلى تحت تأثير الكلوريد بالمقارنة مع تأثير السلفات(Sharma وآخرون ١٩٩٠).

ولقد حدد محتوى أوراق نبات *Pennisetum typhoides* من البروتين الكلي، والبروتين الذائب ، والأحماض الأمينية الحرة والـ (RNA) تحت تأثير تركيزين من ملح كلوريد الصوديوم (٠,٢، ٠,٤ ٪) خلال مراحل التطور التدريجي ووجد أن المحتوى من البروتينات الكلية والـ

(RNA) يتناقص بازدياد الملوحة. وأبدى البروتين الذائب تغيراً طفيفاً، بينما ازداد المحتوى من الأحماض الأمينية الحرة في أوراق النباتات المعرضة للتركيز الملحي العالي (٠,٤٪) (Reddy وآخرون، ١٩٨٥). وتأثر المحتوى من السكريات الذائبة والنشا بزيادة معدل الأملاح. ولاحظ Parashar وآخرون (١٩٨٧) في القمح ، أن محتوى الورقة العلم من السكريات الذائبة ، يزداد عند معدلات منخفضة من الملوحة. بينما لاحظ Sharma (١٩٩٢) أن الإجهاد الملحي الذي يسببه ملح كلوريد الصوديوم يقلل من محتوى النبات من السكريات الذائبة في طور البادرة.

رابعاً: تأثير الإجهاد الملحى على البناء الضوئى:

وجد بعض الباحثين أن الإجهاد الملحى يثبط البناء الضوئى فى محصول القطن، بينما فى محصول القمح والشعير يحدث تثبيط للبناء الضوئى فى بداية المعاملة ثم يعود لوضعه الأصلى Levitt (١٩٨٠).

ويرجع تثبيط الأملاح للبناء الضوئى لأسباب عدة منها:

١- نقص التوصيل الثغرى للغازات.

٢- نقص فعالية الخلايا التمثيلية فى استهلاك ك أ٢.

٣- تراكم نواتج البناء الضوئى (السكريات والنشا) فى الخلايا التمثيلية وذلك لنقص نمو الأوراق.

يتأثر معدل البناء الضوئى بزيادة الملوحة أو بزيادة مستويات أيون الصوديوم والكلوريد حيث تؤدى هذه الزيادة إلى غلق الثغور ونقص تبادل أكسيد الكربون وبالتالى تقل كفاءة عملية التمثيل الضوئى. أو تؤثر زيادة الملوحة على إعاقة تكوين الإنزيم المتخصص فى بناء الصبغات التى تقوم بالبناء الضوئى، أو انخفاض امتصاص العناصر المعدنية التى يتطلبها البناء الحيوى للكلوروفيل مثل الحديد والمنجنيز.

وقد أوضح Ziska وآخرون (١٩٩٠) أن سبب تثبيط كلوريد الصوديوم للبناء الضوئى

يرجع إلى تراكم الكلوريد فى الأوراق لنباتات الفاصوليا.

وقد أوضح Sakr وآخرون (٢٠٠٣) فى دراسة تركيبية وفسيولوجية ومحتوى الزيت للكانولا تحت تأثير الملوحة أن هناك تناقصاً واضحاً فى صبغات البناء الضوئى.

وكذلك أوضح Levitt (١٩٨٠) أن الإجهاد الملحى أدى إلى تثبيط البناء الضوئى فى محاصيل البصل والقطن والفاصوليا والعنب – بينما نباتات السبانخ حدث لها انخفاض قليل للبناء الضوئى.

خامساً: تأثير الإجهاد الملحي على الكلورفيل (Chlorophyll):

لاحظ KIN (١٩٥٨)، عند استخدامه لمحلولين من كلوريد الصوديوم، كربونات الصوديوم المتساويين فى ضغطها المحلولي، أنه قد حدث انخفاض للمحتوى الكلوروفيلي أعلى عند وجودكربونات الصوديوم بالمقارنة مع كلوريد الصوديوم.

وعند دراسة تأثير ملوحة ماء الرى على بعض أصناف الذرة الصفراء فقد وجد عبد الحميد (٢٠٠٢) أن ارتفاع التوصيل الكهربى لماء الرى إلى ٦ مليموز/سم أدى إلى انخفاض نسبة الكلورفيل الكلى والكلورفيل a بنحو ٢٠٪ والكلورفيل b بنسبة ٣٩٪.

وأوضح عمر (١٩٩٦) عند دراسة تأثير الإجهاد الملحى على محصول الذرة الشامية أن زيادة ملوحة التربة أدت إلى نقص محتوى الأوراق من الكلورفيل.

وتؤدي الملوحة إلى تخفيض كبير في معدل النتح والصبغات والمادة الجافة، وأدت المعاملة بالهرمون Abscisic acid ، Kinetin معاً إلى زيادة تراكم الكلوروفيل والمادة الجافة وإلى التقليل من معامل النتح.

إن التأثير الضار على الكلورفيل يكون مسئولاً عن تكوين الكربوهيدرات، وأن زيادة معدلات الملوحة يقلل بوضوح من محتوى كل من كلوروفيل (a) وكلوروفيل (b). ويزداد المحتوى من البرولين بتقدم عمر المحصول وزيادة معدلات الملوحة (Singh وآخرون ١٩٩٣) .

كما أن الإجهاد الملحى يؤثر على نقص محتوى الكلوروفيل لمحصول بنجر السكر.

سادساً: تأثير الإجهاد الملحي على امتصاص العناصر المغذية:

ذكر Levitt (١٩٨٠) ضرر الإجهاد الملحى أنه قد يرجع إلى إجهاد نقص التغذية المعدنية، حيث إن الإجهاد الملحى يسبب نقصاً فى محتوى أنسجة النباتات غير الملحية لعدد من العناصر المهمة لحياه النبات، وأوضح أيضاً أن امتصاص نباتات قصب السكر والأرز والقمح لعنصر الكالسيوم يتم تثبيطه فى وجود تركيزات مرتفعة من الصوديوم.

وأوضح Torres and Bingham (١٩٧٣) أن سبب تثبيط كلوريد الصوديوم لنمو نبات القمح يرجع إلى نقص النترات نتيجة تأثير الكلوريد.

وكان هناك تأثير لكلوريد الصوديوم على محتوى نبات الشعير من البوتاسيوم، حيث وجد Eshel (١٩٨٥) أن النبات الملحى *Suaeda* aegyptiaca كان لعنصر الصوديوم تأثير كبير على نقص محتواه من البوتاسيوم، بينما بعض النباتات الملحية مثل الأتربليكس فإن الصوديوم لم يؤثر على البوتاسيوم.

ويختلف محتوى أنسجة النباتات المختلفة من وجود عنصر الفوسفور، حيث يؤثر الإجهاد الملحى على محتوى النبات من الفوسفور.

تقسيم Champagonol (١٩٧٩) على أساس محتوى الفوسفات عند التعرض للإجهاد الملحى:

قسم Champagonol (١٩٧٩) عن Feigin (١٩٨٥) النباتات المختلفة على ثلاث مجموعات على أساس محتوى أنسجة النباتات من الفوسفات وكذلك الإجهاد الملحى إلى مايلى:

١- نباتات السمسم يزيد فيها كمية الفوسفور عند التعرض للإجهاد الملحى.

٢- نباتات القمح لا تتغير فيها كمية الفوسفور عند التعرض للإجهاد الملحى.

٣- نباتات الشعير ينقص فيها كمية الفوسفور عند التعرض للإجهاد الملحى.

ويؤدي وجود كلوريد الصوديوم في محتوى التربة إلى منع امتصاص K^+, Ca^{++}, Pi , No_3^- , NH_4^+ (Greenway وآخرون ١٩٨٠، Klopus وآخرون ١٩٨٨) وينخفض محتوى الجزء الخضري من النبات من هذه العناصر بوجود كلوريد الصوديوم (Gorham وآخرون ١٩٨٥ و١٩٨٦ Touraine وآخرون ١٩٨٥) ويعود هذا الانخفاض إلى منع امتصاص العناصر المذكورة من قبل الجذور Gorham وآخرون ١٩٨٦ وKlobus وآخرون ١٩٨٨).

ويعتبر البوتاسيوم K^+ ضروري للبروتينات ولحفظ الإنتاج الخلوي ومن أجل ضبط الضغط الأسموزى (Weimberg، ١٩٨٧).

ويعتبر الكالسيوم Ca^{++} ضرورياً لكي يسمح بعملية نقل K^+ وبشكل كاف (Lauchli وآخرون ١٩٧٠، Kent وآخرون ١٩٨٥ Cramer وآخرون ١٩٨٦، و١٩٨٧) . وهو ضروري أيضاً من أجل استقرار وثبات الغشاء البلازمي وحفاظه على خاصيته الاختيارية التي تسمح بنقل الأيونات (Epstein، 1980) وتتميز محاصيل الحبوب بشكل خاص لنقص الكالسيوم Ca^{++} ولنسبة عالية من Ca^{++} / Na^+ في وسط الزراعة . ويؤدي الصوديوم Na^+ إلى ظهور أعراض نقص Ca^{++} في كثير من الأنواع كالذرة البيضاء والأرز والذرة الصفراء. إن إضافة Ca^{++} إلى الوسط المغذي يزيد من تركيزه في النبات ويرتبط ذلك إيجابياً مع النمو خلال مراحل الإجهاد الملحي (Cramer وآخرون ١٩٩٤).

إن ازدياد النترات No_3^- في المحلول المغذي تحسن من نمو النباتات المنزرعة في بيئة تحتوى على كلوريد الصوديوم ولكن يمكن أن يعزى التأثير المميز للنترات إلى تقليل تركيز الكلور Cl^- ضمن الأنسجة (Glass وآخرون ١٩٨٥).

كما أن النترات يمكن أن تعمل كمنظم للضغط الخلوي في كثير من الأنواع. وينخفض معدل نقل النترات من الجذور باتجاه الأجزاء الخضرية من النبات بوجود NacI في نباتات الفاصوليا (Hug وآخرون ١٩٨٣).

وعموماً تؤثر الملوحة على حيوية الأزوت وامتصاص النترات والأمونيوم ونقل الآزوت

فى صورتيه العضوية واللاعضوية (Gorham وآخرون ١٩٨٥) حيث يؤثر ذلك على إنزيم ارجاع النترات Nitrate reductase وتمثيل الأمونيوم وتوزيع الأزوت ضمن مختلف المركبات والمركبات الخلوية. ويعمل ازدياد تركيز الصوديوم عموماً على اضطراب التوازن الغذائي والانتظام الخلوي ويسبب تسمماً أيونياً نوعياً . وقد وجد أن زيادة امتصاص الصوديوم يؤدى إلى انخفاض امتصاص البوتاسيوم وبالتالي محتوى الخلايا من البوتاسيوم مما يدل على حدوث تضاد بين الصوديوم والبوتاسيوم.

ويؤدى تراكم الكلوريد Cl^- إلى حدوث ضرر في الأوراق مما يؤدي إلى خفض فعالية التمثيل الضوئي ويقلل الإنتاجية. وقد يرجع ازدياد امتصاص الكلور على امتصاص الصوديوم للنباتات المتعرضة للإجهاد الملحى بأنه هو الذى يكون مسئولاً عن انخفاض معدل النمو عن طريق تخفيض امتصاص العناصر الأخرى لا سيما النترات.

وتعمل الملوحة على منع امتصاص العناصر الأخرى بينما يرى Alam (١٩٩٠) أن امتصاص Cu, Zn, Mn, Fe يزداد عموماً تحت ظروف الإجهاد الملحي فى المحاصيل المختلفة.

ويبدو أن تحمل الملوحة المعتدلة في النبات، يتعلق بظاهرة منع تراكم الأيونات السامة في الساق (Munns and Termaat، ١٩٨٦). وأن الإنتاج العالي للأصناف المتحملة للملوحة يرجع إلى مقدرتها على الاحتفاظ بمعدلات منخفضة من (Cl^-) في الأوراق. ومن التفسيرات التي توضح وجود تباين في تحمل الإجهاد الملحي بين الأنماط الوراثية لنباتات المحاصيل هو وجود عملية تنظيم وضبط لنقل الأملاح بشكل يمنع تراكم الأملاح الضارة في الأوراق المتطورة (Greenway وآخرون ١٩٨٠، Munns and Termaat ١٩٨٦).

ويتحكم في استجابة النبات للملوحة مورثات محددة Gorham وآخرون ١٩٨٥).

وعموماً من الممكن أن نستخلص أن الملوحة تحدد مراحل النمو والتطور وكمية الإنتاج في النباتات حيث إنها تؤدي إلى إنهاء دورة حياة النبات قبل اكتمالها، وتعمل الملوحة على تغيير الخصائص المورفولوجية والفسيولوجية والبيوكيميائية تغييراً ذا دلالة حيوية واقتصادية. وما زال

الأمر ملحاً لبحث الصفات والمعايير المرتبطة بتحمل النباتات للملوحة من أجل استخدامها في الغربلة السريعة للأنماط الوراثية اللازمة من أجل استنباط السلالات المقاومة للملوحة.

سابعاً: تأثير الإجهاد الملحي على التبادلات الغازية والمائية:

يؤثر الإجهاد الملحى على النواحى الفسيولوجية للنبات مثل البناء الضوئى والعلاقات المائية، حيث يؤدي نقص الماء أو الازدياد الأيوني الناتج عن ارتفاع نسبة الأملاح في وسط الزراعة إلى تخفيض إمكانية التمثيل الضوئي في النباتات (Rapp وآخرون ١٩٨٣، Kattat وآخرون ١٩٩٠)، ويؤدي ذلك إلى تقليل النمو .

ووجد Levitt (١٩٨٠) أن زيادة الإجهاد الملحى تؤدى إلى زيادة تنفس نباتات البازلاء والفاصوليا والذرة وكذلك الأصناف الأكثر مقاومة للملوحة من الشعير والقمح والقطن.

وتؤثر الملوحة على الضغط الأسموزى لخلايا النبات مما يؤدى إلى إخلال التوزان المائى بالإضافة إلى فقد الخلايا للماء وانغلاق الثغور، وكذلك حدوث شيخوخة مبكرة للأوراق. وتتأثر العلاقة المائية تأثراً شديداً بزيادة الملوحة حيث يكون هذا التأثير فى أوجه كثيرة منها:

(أ) المحتوى المائى:

هو الذى يمثل عاملاً مهماً فى تحديد النشاط الميتابولزمى، وعموماً فإن الجهد الملحى يكون مصحوباً غالباً بانخفاض فى المحتوى المائى.

(ب) النتح :

يؤدى النتح إلى تدفق منخفض للماء خلال النبات، حيث إن توصيل الورقة المنخفض مع انخفاض البناء الضوئى أثناء الإجهاد الملحى.

(جـ) الامتصاص الجذرى للماء:

إن زيادة تركيز الملح فى منطقة الجذور يؤثر على المحتوى الرطوبى فى النبات من خلال تغير الامتصاص الجذرى للماء وذلك بسبب اختلاف الضغط الأسموزى داخل وخارج الجذر.

تأثير الإجهاد الملحى على عملية التمثيل الضوئى:

يمكن أن يعزى تحديد عملية التمثيل الضوئي بسبب الإجهاد الملحي إلى مايلي:

١-رفع معدل التنفس.

٢-زيادة كفاءة وفاعلية استهلاك الماء.

٣-انخفاض معدل امتصاص الماء والنتح.

٤- قلة تثبيت ثانى أكسيد الكربون.

ويعود جفاف الأنسجة إلى انخفاض الجهد الخلوي مما يؤدي إلى الحفاظ على الإنتاج وانخفاض الجهد المائي.

ثامناً: تأثير الملوحة على المستوى الخلوى والجزيئى:

ويتمثل هذا التأثير فى الآتى:

(أ) تغيرات تشريحية: حيث ترتبط التحورات على المستوى الخلوى مع الأقلمة للملوحة وهذه التحورات كما يلى:

١- إما أن تحدث فى صورة صغر حجم الخلية، حيث الحجم الكبير يتأثر بزيادة الملوحة.

٢- وجود خاصية الاختيارية حيث إن النباتات المتحملة للملوحة لها القدرة على استبعاد أيون الصوديوم والسماح لأيون البوتاسيوم بالإحلال محله.

٣- التغير فى قلة تمدد الخلايا حيث يكون ضروريًا فى البيئات العالية الملوحة.

٤- زيادة سمك الورقة وذلك نتيجة التغيرات فى حجم الخلية وعدد الطبقات الخلوية أو كلاهما معاً.

وقد اتفق العديد من الباحثين فى أن حجم واستطالة وتمدد الخلايا يقل أثناء التطور، حيث تكون الخلايا قد تأقلمت على الزيادة فى تركيز الأملاح.

(ب) تغيرات فسيولوجية: وتتمثل فى الآتى:

(١) **التعديل فى الضغط الأسموزى:** وهو يشير إلى التغير فى الجهد الأسموزى للعصير الخلوى. والتعديل الأسموزى يسمح للخلية بتعويض جهد الماء المنخفض للبيئة الملحية وذلك فى الأنواع النباتية التى يكون فيها الاستبعاد الملحى هو الميكانيكية الأساسية لتحمل الملوحة، إما بزيادة بناء الذائبات العضوية أو بزيادة معدل امتصاص العناصر الغذائية خاصة البوتاسيوم والكالسيوم ، ويوجد العديد من الذائبات العضوية يتضمنها التعديل الأسموزى وتشمل البرولين والسكريات.

(٢) **الذائبات العضوية** : وجد أن الملوحة (فى صورة كلوريد الصوديوم) تقلل بناء البروتين فى دوار الشمس والسبب ربما يرجع إلى إما غياب السيتوكينيات أو بتراكم حمض الأبسيسيك (ABA). أيضاً فإن الملوحة تعمل على خفض بعض الأحماض الأمينية وزيادة البعض الآخر. كذلك فإن الملوحة قد تقلل من الأحماض النووية (RNA+DNA) وزيادة فى تركيز البرولين فى مختلف الأعضاء (الجذور- السيقان-الأوراق) وذلك لتنظيم الضغط الأسموزى للخلايا.

(٣) **التركيب المعدنى:** النباتات المتحملة للملوحة اتضح أنها تعمل على استبعاد أيون الصوديوم والامتصاص الاختيارى لأيون البوتاسيوم أعلى من الصوديوم وحفظ نسب البوتاسيوم إلى الصوديوم ($K^+:Na^+$) عالية فى الأوراق والسيقان النامية.

(٤)**الاستجابة الهرمونية للإجهاد الملحى:** يلعب حامض الأبسيسيك (ABA) دوراً كبيراً فى تعديل استجابة النبات للإجهاد المائى وكذلك الإجهاد الملحى (Nacl) حيث إنه تحت ظروف الإجهاد الملحى يسرع معدل الأقلمة لكلوريد الصوديوم.

استصلاح الأراضي المالحة وإدارتها:

غسيل الأملاح:

يتوقف حجم الانخفاض في المحاصيل والغلات على عوامل منها:

أ - نمو النباتات. ب - نسبة الملح في التربة. جـ - الظروف المناخية وغيرها.

وفي الحالات التي يرتفع فيها تركيز الأملاح في منطقة الجذور بنسبة عالية جداً قد يتوقف نمو المحاصيل نهائياً. ولتحسين نمو المحاصيل يجب إزالة الأملاح الزائدة من منطقة الجذور.

وتشمل الأساليب المتبعة أو المقترحة لتحقيق ذلك الأمور التالية:

أ ـ الكشط

ويعني ذلك إزالة الأملاح التي تراكمت على سطح التربة بالوسائل الميكانيكية. بالرغم من أنها لم تحقق إلا نجاحاً محدوداً إلا أنه يحسن مؤقتاً من نمو المحاصيل.

ب ـ الشطف

ويعني ذلك إزالة الأملاح المتراكمة على السطح بإمرار الماء عليها وتستخدم في غسيل التربة التي بها قشور ملحية على السطح إلا أنها تزيل كمية قليلة من الأملاح.

جـ ـ الغسيل

هو أكثر الأساليب المتبعة فعالية في التخلص من الأملاح في منطقة الجذور وتتم عملية الغسيل بإفراغ الماء العذب على سطح التربة وتركه يتسرب إلى داخلها ويكون الغسيل فعالاً ومجدياً في حالة توافر قنوات صرف جوفية تنقلها إلى الخارج. وقد يكون قنوات الصرف غير صناعية فإن الغسيل يساعد على تخفيف مستويات الملوحة. ويفضل القيام بعملية غسيل التربة عندما يكون محتوى التربة من الرطوبة منخفضاً ومنسوب المياه الجوفية عميقاً.

ويكون غسيل التربة في الصيف أقل فاعلية كقاعدة عامة لأن كميات كبيرة من المياه تضيع

بالبخر. غير أن اختيار وقت الغسيل يتوقف على توافر المياه واعتبارات أخرى.

كمية المياه الضرورية لغسيل التربة الملحية

من المهم تقدير كمية المياه المطلوبة لإنجاز عملية الغسيل. وتجدر الإشارة إلى أن محتوى التربة من الملح ومستوى الملوحة المستهدف تخفيفه فى التربة بعد غسلها وعمق التربة المرغوب استصلاحها وخواص التربة جميعها عوامل تحدد كمية المياه اللازمة لاستصلاح وإزالة الملوحة من الأرض.

وهناك قاعدة تقريبية مفيدة وهي أن كل وحدة عمق من المياه تزيل نحو ٨٠٪ من الأملاح الموجودة في وحدة عمق التربة.

مقاومة الأملاح Salt tolerance

تختلف النباتات المختلفة فى درجة مقاومتها للأملاح ، فمنها ما هى حساسة جداً ولا تستطيع مقاومة التركيزات المنخفضة من الأملاح.

وتم تقسيم النباتات على أساس مقاومة النباتات للأملاح إلى مجموعتين:

١- النباتات غير الملحية Glycophytes

٢- النباتات الملحية Halophytes

ويعتبر هذا التقسيم تقسيماً بيئياً حيث إن النباتات التى تنمو بشكل طبيعى فى بيئة مالحة تسمى النباتات الملحية لأن هذه النباتات تستطيع إكمال دورة حياتها والمعيشة فى وجود تركيزات مرتفعة من الأملاح.

وهناك ما يعرف بالنباتات الملحية الكاذبة Pseudohalophytes وهذه النباتات هى التى توجد فى بيئة مالحة لفترة زمنية محدودة مثل فصل ممطر أى تكون الأمطار فيه شديدة.

وقد عرف Yeo (١٩٨٣) مقاومة الإجهاد الملحى: بأنها عبارة عن مقدرة النبات على

المحافظة على العمليات الأيضية فى الظروف غير المثالية للنمو وذلك لزيادة تركيز بعض الأيونات فى بيئة الجذور أكثر من التركيز الذى تأقلم له النبات للنمو الأمثل.

وقد قسم Levitt (١٩٨٠) النباتات على حسب مقاومتها للأملاح إلى مجموعتين:

١- نباتات مقاومة للملوحة بالتحمل

٢- نباتات مقاومة للملوحة بالتجنب.

طرق المقاومة للإجهاد الملحى:

أولاً - الإجهاد الأسموزى وتعديل الأسموزية:

يتم انتقال الماء من الوسط المرتفع فى الجهد المائى (الأقل سالبية) إلى الوسط المنخفض فى الجهد المائى (الأكثر سالبية).

إن زيادة تركيز الأملاح فى التربة يؤدى إلى انخفاض الجهد المائى فى الوسط المحيط بالخلايا إلى مستوى أقل من جهد ماء الخلايا مما يؤدى إلى انتشار الماء من الخلايا إلى الوسط الخارجى وذلك لنفاذية الغشاء البلازمى للماء مما يسبب نقصاً فى المحتوى المائى فى الخلايا بسبب نقص الامتلاء وبالتالى يحد من نمو الخلايا (Levitt ، ١٩٨٠) .

قسم Levitt (١٩٨٠) مقاومة الإجهاد الأسموزى الناجم عن الإجهاد الملحى إلى نوعين :

١ - تحمل التجفيف dehydration tolerance

يسمح تحمل التجفيف للخلايا بأن تبقى حية ، مع فقد الامتلاء ولكن يتوقف النمو .

٢ - تجنب التجفيف Dehydration avoidance

يسمح تجنب التجفيف للخلايا بالاحتفاظ بمائها وامتلائها، ويستمر النمو دون توقف حيث إن خلايا هذه النباتات تستطيع زيادة المواد الذائبة فى عصيرها الخلوى وتعمل هذه المواد الذائبة على خفض الجهد المائى للخلايا إلى مستوى أقل من جهد ماء الوسط المحيط وهو ما

يطلق عليه تعديل الأسموزية Osmoregulation أو تنظيم الأسموزية Osmotic adjastment ويحدث تعديل الأسموزية عن طريق أحد الطريقين أو كلاهما معاً.

١- تخليق مركبات عضوية مثل البرولين .

٢- امتصاص الأيونات من الوسط الخارجى حيث إن خلايا النبات تكون مقاومة للسمومية التى تسببها هذه الأيونات.

وتختلف النباتات فى قدرتها على تعديل الأسموزية ، وكذلك تختلف النباتات فى نوع الأيونات والمركبات المستخدمة فى تعديل الأسموزية.

وقد أعزى بعض الباحثين أن النباتات النجيلية الملحية يتم تعديل الأسموزية فيها عن طريق البوتاسيوم والسكريات.

وقد ذكر Flowers (١٩٨٥) أن خلايا النباتات الملحية العصارية يكون تركيز الصوديوم والكلوريد فى فجواتها العصارية أكثر من تركيزهما فى الوسط الخارجى، ويزيد تركيزهما فى الخلايا عند زيادة تركيزهما فى الوسط الخارجى.

وقد أوضح Greenway and Munns (١٩٨٠) أن استخدام الأيونات غير العضوية فى تنظيم أسموزية خلايا النبات يتطلب أن يكون معدل الامتصاص مرتفعاً لكى يساعد النبات على التأقلم للإجهاد الملحى ، وأن حساسية بعض النباتات غير الملحية للأملاح يعزى بشكل كبير إلى عدم مقدرة هذه النباتات على امتصاص الأيونات غير العضوية بمعدل يسمح لها بالمحافظة على ضغط امتلاء الخلايا.

والمركبات التى تعمل على تنظيم أسموزية خلايا النبات تكون إما عضوية وإما غير عضوية ومن هذه المركبات البرولين ، البيتين Betain الجلايسينبتين Glycinebetain .

وقد ذكر Flowers وآخرون (١٩٧٧) بأنه تستخدم بعض النباتات الأحماض العضوية

مثل الأكسالات (Oxalate) وذلك لتعمل هذه الأحماض على معادلة الشحنة بين الكاتيونات والأنيونات.

ثانياً - المقاومة بالاستبعاد Exclusion

من أسباب تثبيط الأملاح للنمو هو السمومية الأيونية خاصة الكلوريد، الصوديوم وقد قسم Jenning (١٩٨٦) الطرق التى تستخدمها النباتات لكى تتجنب هذه السمومية الأيونية التى تثبط النمو إلى ثلاثة أقسام:

١- وجود ميكانيكيات فى الجذر تحد من نقل الأيونات إلى الساق.

٢- زيادة المحتوى المائى للأوراق مما يزيد الشكل العصارى وهذا يعمل بدوره على منع وصول تركيز الأيونات للمستوى الضار.

٣- يتم إعادة نقل الأيونات السامة من المجموع الخضرى إلى المجموع الجذرى عن طريق اللحاء حيث ينقل جزء كبير من الصوديوم من المجموع الخضرى إلى الجذر الرئيسى ويعاد إلى بيئة الجذور.

٤- ذكر Levitt (١٩٨٠) أن عدم نفاذية الجذور للأملاح عند زيادة تركيز الأملاح عن حد معين يؤدى إلى عدم اندفاع هذه الأملاح داخل النبات وبالتالى تؤدى إلى سميته.

وقد أوضح Levitt (١٩٨٠) أيضاً بأن النباتات المقاومة للأملاح بالاستبعاد لها ميكانيكة خاصة وذلك لكى تحافظ على الاتزان الأيونى بين الأيونات أحادية التكافؤ K^+, Na^+ والأيونات ثنائية التكافؤ (Ca^{++}) فى الغشاء البلازمى ، وقد يكون ذلك عن طريق امتصاص كمية كافية من Ca^{++} فى الغشاء البلازمى.

إن استبعاد الأيونات غير العضوية مثل الصوديوم ، والكلوريد من المجموع الخضرى تعتبر أهم طرق المقاومة فى نباتات المحاصيل، حيث وجد Lauchli (١٩٨٤) عندما قام بدراسة على نبات الحمص أنه هذا النبات يقاوم الملوحة باستبعاد أيون الكلوريد غير العضوى أو أيون

الصوديوم فى نباتات البرسيم ، أو كل من الأيونين الصوديوم ، الكلوريد فى بعض أصناف فول الصويا.

أوضح Yeo(١٩٨٣) أن استبعاد الأيونات عن المجموع الخضرى لتستطيع النباتات مقاومة الإجهاد الملحى يتم عن طريق :

١- التحكم فى نقل الأيونات الممتصة من المجموع الجذرى إلى المجموع الخضرى.

٢- زيادة مقدرة الجذور على القيام بالامتصاص الاختيارى للأيونات وذلك لكى يتجنب النبات دخول كمية كبيرة من الأيونات التى تضر النبات.

٣- إعادة امتصاص الأيونات من الخشب فى المجموع الجذرى أو فى الساق أو فى عروق الأنصال أو فى عروق الأوراق.

وقد ذكر Huang and Steveninck (١٩٨٩) بأن نبات السورجم قام باستبعاد الكلوريد من نصل الورقة وتخزينه فى غمد الورقة.

وهناك بعض النباتات مثل الشعير الذى تم معاملته بـ ١٢٥ مليجزىء كلوريد الصوديوم لمدة ١٩ يوماً .حيث تحفزت هذه النباتات باستبعاد الأيونات الضارة من الأوراق الحديثة لكى تبقى النسبة بين K/Na ratio مرتفعة نسبياً فى الأوراق الحديثة (٠,٧) ومنخفضة نسبياً فى الأوراق القديمة (٠,٢) (Greenway and Munns ١٩٨٠).

وقد تستبعد الأملاح عن طريق الثغور المائية (الإدماع Guttation) أما بالنسبة للنباتات غير الملحية ، فقد ذكر Lauchli (١٩٨٤) بأن هذه النباتات الحساسة لتأثير الملوحة يكون معدل تراكم الكلورايد أو الصوديوم أو كلاهما معاً فى خلايا المجموع الخضرى فيها أكثر من معدل تراكمها فى الأصناف الأكثر مقاومة ، ووضح ذلك عن دراسة قام بها Levitt (١٩٨٠) على بعض أصناف الشعير الحساسة والمقاومة ، وقد وجد أن الأصناف الحساسة يتراكم فيها الكلوريد والصوديوم أكثر من الأصناف المقاومة ويرجع ذلك إلى الامتصاص النشط وغير

النشط Active and passive uptake لكل من الصوديوم والكلورايد.

وأن استبعاد جذور فول الصويا لأيون الكلورايد من الأوراق فى الأصناف المقاومة يكون أكثر منها فى الأصناف الحساسة.

إن وجود الأغشية لها دور مهم فى المقاومة بالاستبعاد فنجد أن غشاء الفجوة العصارية له دور مهم فى المحافظة على الاتزان الأيونى بين الفجوة العصارية والسيتوبلازم وهذا راجع إلى الاختيارية فى امتصاص البوتاسيوم (K^+) وخروج الصوديوم (Na^+) عن الغشاء البلازمى ، وكذلك عن طريق التبادل الأيونى بين Na،K عند غشاء الفجوة العصارية Lauchi (١٩٨٤).

كذلك فإن التركيب الغشائى لخلايا الجذر لها دور مهم فى مقاومة النباتات للملوحة عن طريق الاستبعاد، فقد ذكر Kuiper (١٩٨٥) أن الغشاء البلازمى وغشاء الفجوة العصارية يدخل فى تركيبها السترولات الحرة (Free sterols) والتى لها دور مهم فى ثبات الأغشية وكذلك لها دور مهم فى نقص النفاذية غير النشطة للأيونات غير العضوية عبر الأغشية ، بينما هذه السترولات الحرة يكون تركيزها قليلاً فى النباتات الحساسة للملوحة .

أو عن طريق خروج المواد الذائبة مع ماء النتح إلى خارج الورقة عن طريق خدش الأدمة.

ثالثاً - سرعة النمو :

هناك بعض الأنواع النباتية مثل القمح على سبيل المثال فإنه يستطيع مقاومة الإجهاد الملحى عن طريق نمو المجموع الخضرى بسرعة ، مما يساعد هذه الأنواع النباتية على تخفيف تركيز الأملاح، بينما أصناف القمح بطيئة النمو تكون أكثر تضرراً من وجود الأملاح.

كما أن هناك بعض أنواع فول الصويا التى تكون مقاومة للملوحة والتى يكون نموها سريعًا وبالتالى يقل بها تراكم الكلورايد مقارنة بالأنواع الأقل مقاومة والتى تكون بطيئة النمو والتى يزداد فيها تراكم الكلورايد.

رابعاً - تكون الشكل العصارى:

يوجد بعض الطرق التى تستطيع بها النباتات تخفيف الأملاح فى المجموع الخضرى كما فى عديد من النباتات الملحية حيث يزيد امتصاص هذه النباتات للماء وبالتالى يتكون الشكل العصارى.

خامساً - إزالة العضو الذى تتراكم فيه الأملاح:

هناك بعض النباتات المقاومة للإجهاد الملحى وتعمل هذه النباتات على تجميع الأملاح الممتصة فى الورقة مثلاً مما يحدث لها اصفرار ثم تسقط هذه الأوراق.

فقد ذكر Albert (١٩٧٥) أن هناك بعض الأنواع النباتية التى تقاوم الملوحة المرتفعة عن طريق تجميع هذه الأملاح فى عضو خاص مثل الورقة كما فى نبات *Huncus maritime* عند زيادة تركيز الأيونات غير العضوية بها حيث يحدث لها اصفرار ثم تتساقط هذه الأوراق.

سادساً - إفراز الأملاح عن طريق الغدد الملحية

Secrections of salts by salt glands:

أوضح Albert (١٩٧٥) أن هناك بعض النباتات مثل الأتربليكس تحتوى على غدد خاصة وتسمى هذه الغدد (الغدد الملحية) التى تقوم باستبعاد وإفراز الإملاح الموجودة داخل النبات عن طريق هذه الغدد وبالتالى تعمل على تخفيف محتوى الملوحة داخل المجموع الخضرى لهذه النباتات.

الصفات المرغوبة لإنتاج نبات مقاوم للإجهاد الملحى

يرى Tale (1985) أن أهم الصفات اللازمة لإنتاج نبات من المحاصيل (أو أي نبات آخر) أكثر مقاومة للأملاح عن طريق التهجين هي:

١ – زيادة الطاقة المستخدمة للنمو مقارنة بالطاقة المستخدمة لأغراض أخرى.

وأهم الطرق المستخدمة لتوفير الطاقة للنمو هي:

أ) استخدام الأيونات غير العضوية لتعديل الإسموزية في الفجوة العصارية، واستخدام المركبات العضوية لتعديل الإسموزية في السيتوبلازم وهذا أكثر توفيراً للطاقة من استخدام المركبات العضوية لتعديل الإسموزية في جميع الخلية.

ب) زيادة نفاذية غشاء الفجوة العصارية للأيونات غير العضوية يكون أقل تكلفة في الطاقة من ضخ الأيونات إلى داخل الفجوة العصارية.

ويرى Epestein(عن Rale, 1985) أن أهم الصفات التي تميز النباتات الملحية في توفير الطاقة هي:

أ) امتصاص الأيونات غير العضوية لتعديل الإسموزية حيث لا يكلف طاقة، نظراً لتوفر هذه الأيونات في بيئة الجذور.

ب) نقل الأيونات الممتصة مع ماء النتح وهذا لا يحتاج إلى طاقة كبيرة.

جـ) استخدام الأيونات غير العضوية لتعديل الإسموزية مما يوفر للنبات المركبات الناتجة في البناء الضوئي لكي تستخدم للنمو، بدلاً من استخدام كميات كبيرة منها لتعديل الإسموزية.

د) عدم نقل المركبات العضوية للجذر وذلك لاستخدامها لتعديل الإسموزية يوفر للنبات طاقة.

٢- تركيب الأغشية (خاصة أنواع الدهون في الغشاء) له دور مهم في مقاومة الإجهاد الملحي.

٣- تنظيم المحتوى الأيوني في أعضاء النبات وداخل الخلية مهم في مقاومة الإجهاد الملحي.

٤- تنظيم الإسموزية مهم في المحافظة على ضغط الامتلاء في الخلايا.

٥- أهمية تراكم المركبات العضوية في السيتوبلازم للمحافظة على تركيب الجزيئات الكبيرة ونشاطها في الخلية.

٦- أهمية الاتزان الأيونى بين عناصر التغذية فى أعضاء النبات وداخل الخلية فى مقاومة الإجهاد الملحى.

الأرز في الأراضي المالحة

رغم أن الأرز يعتبر محصولاً حساساً للملوحة الزائدة فإنه يفضل زراعته في الأراضي المالحة ويرجع هذا أساساً إلى:

فنظام زراعة الأراضي المنخفضة الذي يشمل الإبقاء على المياه راكدة طول فترة النمو يؤدي إلى انخفاض ملحوظ في ملوحة التربة في منطقة الجذور وذلك نتيجة لغسل الأملاح وتخفيفها، لذلك فإن المحصول لا يخضع في أي مرحلة لإجهاد الملوحة الذي يمكن الاستدلال عليه بالتحليل الأولي للتربة.

ومن المعروف أن الأرز محصول مهم جداً في العديد من الأقاليم الساحلية ويزرع في المواسم الممطرة ورغم أن التربة تكون مرتفعة في الملوحة في الأساس إلا أن نسبة الملوحة ما تلبث أن تنخفض بعد هطول الأمطار إلى سنتيمترات من سطح التربة مما يسمح لشتلات الأرز المزروعة بالنمو في أرض جيدة نسبياً.

وعادة ما تكون الملوحة عائقاً في الموسم الجاف حيث ارتفاع البخر وكمية المياه الجيدة محدودة ، ففي ظل هذه الظروف يتم استخدام المياه الجوفية عالية الملوحة مما يؤدي إلى التأثير على إنتاجية المحصول العالية.

مقاومة الإجهاد الملحي:

تستوطن بعض الأنواع من النباتات بيئات ذات محتوى ملحي مرتفع، مثل تلك النباتات الموجودة على شواطئ البحار المالحة، وهناك العديد من الأسئلة التي من الممكن طرحها علي هذه النباتات، مثلاً هل تستطيع هذه النباتات الحصول على الماء من بيئة ذات جهد مائي منخفض جداً، نظراً لارتفاع محتواها الملحي؟ هل المحتوى الملحي لأنسجة هذه النباتات مرتفع أم غير

مرتفع؟ أم هل العمليات الأيضية فيها من نوع خاص، بحيث تستطيع مقاومة تركيز مرتفع من الأملاح؟ أم هل تملك هذه النباتات ميكانيكيات خاصة تساعدها على التأقلم للإجهاد الملحي؟

وتختلف النباتات في مقاومتها للملوحة بشكل كبير ولقد وجد أن عمليتي التهجين والانتخاب تؤديان إلى التوصل إلى أصناف ذات مقاومة جيدة للملوحة بطريقتين:

١ ـ تجنب الملوحة:

أ - يحدث ذلك عن طريق منع الملح من الدخول إلى الأنسجة الداخلية للجذر والساق (بشكل غير فعال).

ب- عن طريق إقصاء الملح ومنعه من الدخول (بشكل فعال).

جـ- عن طريق التقليل من دخول الملح.

٢ ـ تحمل الملوحة:

يمكن استخدام الصفات والخصائص الدالة على تحمل الملوحة كمعايير لإجراء عمليات التربية بكفاءة تحت ظروف الإجهاد الملحي.

العوامل التى تؤثر على تحمل المحاصيل للملوحة:

تتباين تحمل النباتات لملوحة التربة تبعاً للظروف البيئية ومرحلة النمو أو الصنف الواحد:

١ ـ مرحلة النمو

بالرغم من أن بعض المحاصيل تبدو متحملة للملوحة سواء في فترة الإنبات أو مراحل النمو الخضري الأخرى فإن فشل إنبات البذور يعتبر السبب الرئيسي في ظهور بقع جرداء أو خالية من النباتات في الحقول المنزرعة، وغالباً ما تنشأ هذه البقع نتيجة لارتفاع تركيز الأملاح بصورة غير مألوفة في المنطقة السطحية حيث تزرع البذور، وينشأ هذا الارتفاع في تركيز الأملاح نتيجة الأملاح التي تتبقى بعد أن تتبخر المياه قرب السطح.

وتتميز معظم النباتات بأنها أكثر حساسية للملوحة أثناء فترة الإنبات عنها في أي مرحلة أخرى من مراحل نمو النبات.

٢ - العوامل البيئية

تؤثر الظروف المناخية على مدى استجابة النباتات للملوحة.

جدول (١) يبين تأثير الأحوال المناخية في بيئة صالحة وقد زرعت نباتات (فول - بنجر - بصل) في مزارع رملية كبيرة وزودت بمحاليل مغذية كاملة وكان المحلول المغذي الـ (Ec = 1 ds/m) و قد أمكن تحديد مستوى الملوحة الذى ينخفض عنده المحصول بنسبة ٢٥٪ عما هو عليه في الأرض التي تتقدم فيها الملوحة، وكانت نتائج التحمل تتغير من بصل > بنجر > فول في الأماكن الباردة إلى بنجر > بصل > فول في الأماكن الحارة ويستدل من ذلك أن هذه الأصناف من النباتات تكون أشد تحملاً للملوحة في الأماكن ذات البيئة الباردة منها في الأماكن ذات البيئة الحارة والجافة.

جدول (٢): يوضح مدى استجابة المحاصيل الثلاثة للملوحة في مزارع رملية في موقعين مختلفين(Magistad *et al.*, 1993)

المحصول	مستوى الملوحة الذي انخفض عنده المحصول بنسبة ٢٥٪ (ds/m)	
	موقع بارد	موقع حار
قرون فول	٤,٠	٣,٠
جذور بنجر	١١,١	٦,٦
بصيلات البصل	١٢,٥	٣,٣

وقد أوضحت بعض الدراسات أن مستويات التربة من الصوديوم والكلور الملتصقة بالجذور ترتبط بعلاقة خط مستقيم بالكمية الإجمالية للمياه التي تنتجها النباتات وبالمياه التي

تنتجها وحدة الطول الواحدة من الجذور لمحصولى القمح والذرة تحت ظروف أمكن التحكم فيها.

ومن هنا يتضح أن الإجهاد الذي تخضع له النباتات في الأراضي المالحة يتحدد تبعاً لمعدل البخر أثناء النمو، ويمكن أن يتجاوز الإجهاد الذي يشير إليه الـ (Ec) للتربة.

وأشار بعض الباحثين (Hoffman *et al*, 1975) إلى أن : تلوث الهواء بجانب البخر الجوي يمكن أن يزيد التحمل الظاهري للملوحة لمحاصيل عديدة.

فبالنسبة للبرسيم الحجازي Alfalfa الذي ينمو في تجمعات الأوزون نجد أن محصوله يكون الأعلى في التربة ذات الملوحة المعتدلة والتي تخفض النمو عادة.

ولما كان بعض المحاصيل تتضرر بتلوث الهواء عندما تنمو في تربة خالية من الملوحة بقدر أكبر من تضررها عندما تنمو في ظروف الملوحة ، فإنها ربما تظهر أكثر تحملا للملوحة إذا زرعت في مناطق تلوث الهواء.

وقد توصل الباحثون إلى أصناف من الشعير يمكنها البقاء حية وإنتاج الحبوب باستخدام مياه البحر في الري وتجرى حالياً تجارب مماثلة لمحصول القمح (إنتاج محصول الشعير بلغ ١١٨٨ كيلوجرام / هكتار) وذلك في جامعة كاليفورنيا في دانيس استنبط الباحثون الشعير من مزارع تروى بمياه البحر.

مدى تحمل المحاصيل للملوحة:

تقسم النباتات وفقاً لتحمل الملوحة إلى ثلاث مجموعات رئيسية:

١- المحاصيل عالية المقاومة: وهى مجموعة المحاصيل التى تستطيع أن تنمو فى مدى من الملوحة يتراوح بين ١٠-١٦ مليموز/ سم.

ومن أهم هذه المحاصيل الشعير – بنجر السكر – القطن.

٢- محاصيل متوسطة المقاومة: وهى مجموعة المحاصيل التى تستطيع أن تنمو فى مدى من

الملوحة يتراوح بين ٤ - ١٠ مليموز/ سم.

ومن أهم هذه المحاصيل القمح، الشوفان ، الذرة، الكتان، البصل، البرسيم الحجازى.

٣- محاصيل حساسة للملوحة: وهى مجوعة المحاصيل التى تستطيع أن تنمو فى مدى من الملوحة ينزاوح بين ٢ - ٤ مليموز/ سم.

ومن أهم هذه المحاصيل الفول، قصب السكر.

وهناك تقسيم لتحمل المجموع الجذري للملوحة

تقسيم نباتات الحقل على أساس تحملها للملوحة :

يمكن تعريف مقاومة النبات للملوحة بأنها عبارة عن قدرة النبات على النمو وإكمال دورة حياته في بيئة ملحية.

وتقسم النباتات على أساس تأثرها بالأملاح الذائبة في البيئة التي تنمو فيها إلى:

أولاً نباتات غير ملحية :

وهي نباتات تنمو جيداً وتعطي أعلى محصول في الأراضي غير الملحية ولا يمكنها النمو في الأراضي التي تحتوي على تركيزات عالية من الأملاح، وتنتمي معظم محاصيل الحقل إلى هذه المجموعة (الفول – العدس – الحمص – البرسيم الأحمر).

ثانياً: نباتات ملحية :

١ ـ نباتات تقاوم الأملاح :

وهي نباتات لا تنمو جيداً في الأراضي غير الملحية ولكنها تستطيع أن تقاوم كميات معينة من الأملاح تختلف باختلاف النباتات (قمح – أرز – شعير – بنجر السكر – القطن – البرسيم الحجازي – دوار الشمس – الذرة الشامية – الكتان).

٢ ـ نباتات محبة للملوحة :

وهي نباتات يزدهر نموها في وجود تركيزات عالية من الأملاح كما يمكنها أن تنمو في الأراضي غير الملحية ولكن نموها يكون ضعيفاً مثل نبات المليح والخريزة والسمار والطرطير والديس.

جدول (٣) يوضح المقاومة النسبية للمحاصيل الحقلية للأملاح الكلية :

محاصيل مقاومة للأملاح ٨ – ١٢ مليموز / سم	**محاصيل متوسطة المقاومة ٤ – ٨ مليموز / سم**	**محاصيل قليلة المقاومة ٢ – ٤ مليموز / سم**
الشعير بنجر السكر القطن	الشوفان–القمح–البرسيم الحجازي–الذرة الرفيعة–الذرة السكرية–فول الصويا–الذرة الشامية–الأرز–الكتان–دوار الشمس	الفول البرسيم الأحمر الحمص العدس

استجابة النباتات للإجهاد الملحى:

من الأهمية بمكان معرفة الاستجابات المختلفة لتحمل النباتات للملوحة وفهم طبيعة الضرر الذى تحدثه أو تسببه الملوحة للنباتات. وتؤثر الملوحة فى عديد من مظاهر التحول الغذائى وفى إحداث تغيرات مورفولجية وتركيبية وتشريحية وكيماوية فى النبات، وبالتالى يجب على المربى الإلمام بهذ التغيرات وكذلك الأضرار التى تنجم عن زيادة الملوحة حتى يستطيع المربى أن يربى نباتات تتحمل هذه الظروف المعاكسة. ومن الثابت أن الإجهاد الملحى يضر النباتات عند ثلاثة مستويات مختلفة هى:

١- تركيزات الملوحة العالية، وخاصة تركيز الصوديوم المرتفع حيث إن زيادة تركيزه فى التربة يسبب انخفاض مسامية التربة ، ويتأثر عكسياً كل من التهوية والتوصيل الهيدروليكى

للتربة وبالتالى يحدث الضرر للنبات.

٢- تركيز الأملاح العالى يرتبط ارتباطاً وثيقاً مع الإجهاد المائى، حيث يتولد جفاف فسيولوجى يسبب صعوبة كبيرة فى حصول النباتات على الماء والمغذيات وذلك لارتفاع الإجهاد الأسموزى.

٣- التأثير السام للأيونات النوعية الضارة خاصة الصوديوم والكلوريد Cl^-, Na^+.

وقد أوضح Srivastava وآخرون ١٩٨٨ بدراستهم لصنفين من القمح أن تحمل الملوحة لأحد الأصناف كان يعزى إلى الحفاظ على مساحة تمثيل ضوئي كبيرة وجهاز تمثيل ضوئي عالي الفعالية ومحتوى عالي من البرولين تحت الظروف الملحية والقلوية.

ومن أهم الصفات الفسيولوجية التى يستخدمها المربى فى انتخاب بعض المحاصيل المختلفة لتحمل الملوحة:

مما سبق يتضح للمربى أنه يستطيع إنتاج أصناف متحملة للملوحة بعد تعرفه على التغيرات التى تحدث فى استجابة النبات للإجهاد الملحى سواء كانت على المستوى الفسيولوجى أو على المستوى الوراثى.

ويواجه المربى الذى يهتم بتحسين تحمل نباتات القمح للملوحة بمشكلة كبرى وهى أن صفة تحمل الملوحة ليست صفة بسيطة وإنما هى محصلة لعدة صفات تعتمد على أسس فسيولوجية مختلفة يصعب تحديدها، ويمكن الاعتماد على خاصية أو أكثر من الصفات التالية عند الانتخاب لتحمل الملوحة فى القمح ومنها:

١- تحديد نسبة الإنبات فى محاليل ملحية متدرجة ومعدة لذلك بالمعمل قبل الزراعة مما يساعد فى تحديد أكثر التراكيب الوراثية تحملاً للملوحة.

٢- تقدير النسبة بين عنصرى الصوديوم إلى البوتاسيوم(K/Na) فى عصارة النبات بواسطة جهاز خاص مستخدماً أوراق النبات، ومن المعروف أنه بزيادة نسبة عنصر البوتاسيوم

بالنسبة للصوديوم داخل النبات دل ذلك على النفاذية الاختيارية للصفيحة الوسطى فى الخلية لعنصر البوتاسيوم أكثر من الصوديوم، حيث إن زيادة الصوديوم فى داخل النبات يعتبر سامًا.

٣- قياس البرولين فى النبات عند بداية الطرد ، فكلما زاد البرولين فى النبات كان دليلا على تحمل النبات للملوحة ، حيث يتراكم البرولين فى النباتات التى تتعرض لظروف قياسية (استجابة لصدمة أسموزية أو لسمية الأملاح).

٤- زيادة التفريع فى النباتات (تكوين الخلفات)

٥- بالإضافة إلى سرعة الإنبات ، معدل نمو البادرات ومساحة سطح الأوراق .

التقييم لتحمل الملوحة فى مزارع الأنسجة:

يعتبر استخدام تكنيك زراعة الأنسجة فى التقييم لتحمل الملوحة إلى إمكانية تجنب كافة العوامل التى يصعب التحكم فيها تحت ظروف الحقل العادية.

ومن أهم مزايا استخدام زراعة الأنسجة فى الانتخاب لتحمل الملوحة ما يلى:

١- إمكانية إنتاج أعدادكبيرة من الخلايا يمكن تقييمها لتحمل الملوحة وبسهولة .

٢- سهولة التعامل مع الخلايا المفردة ودراسة الأساس الفسيولوجى لتحمل الملوحة فيها عن النباتات الكاملة.

٣- استخدام زراعة الأنسجة يعطى فرصةلإيجاد اختلافات وراثية عما فى النباتات الكاملة مع إمكانية المعاملة لإحداث طفرات.

٤- سهولة اكتشاف الطفرات المتنحية والتى تتحمل الملوحة.

٥- إمكانية اختبار آلاف السلالات فى زمن قصير وفى حيز محدود فى المعمل.

ومن عيوب استخدام تكنيك زراعة الأنسجة فى التقييم لتحمل الملوحة:

إن طبيعة تحمل الملوحة فى الخلايا قد تختلف عما فى النباتات الكاملة مما يزيد من صعوبة استخدام هذا التكنيك، كما أنه قد يصعب الحصول على نباتات كاملة من الخلايا المنتجة لمقاومة الملوحة، حيث إنه قد تتكون نباتات مقاومة للملوحة ولكن عقيمة بدرجة كبيرة.

الدراسات الفسيولوجية لتحمل الملوحة في بعض المحاصيل المختلفة:

يستطيع مربى النبات عند معرفته للميكانيكيات المختلفة التى تحدث للنبات فى الناحية الفسيولوجية والعوامل المتأثرة بزيادة الإجهاد الملحى إنتاج أصناف لها مميزات تحمل أو تفادى الملوحة. فهناك أبحاث أجريت فى الصوبة أو فى المعمل على تقييم بعض التراكيب الوراثية سواء من دوار الشمس أو الكانولا أو السمسم تحت مستويات مختلفة من الملوحة المتمثلة فى أملاح الصوديوم ومدى تأثيرها على الإنبات ومعدله وسرعته ووجد أن هناك نقصاً فى الإنبات يكون شديداً فى الأنواع الحساسة وقليل فى الأنواع المتحملة . وقد أشارت أبحاث أخرى إلى أن نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم (K^+/Na^+ratio) كانت عالية فى الأصناف والأنواع المتحملة، والعكس بالنسبة للأصناف الحساسة، حيث إن زيادة هذه النسبة تكون مؤشراً جيداً لتحمل المحصول للملوحة أيضاً اعتبر وجود أيون الهيدروجين بنسبة قليلة دليل على تحمل الصنف للملوحة (فى دوار الشمس).

في التجارب الحقلية على دوار الشمس لوحظ أن زيادة الملوحة (المتمثلة غالبا فى كلوريد الصوديوم) سببت نقصاً واضحاً فى مساحة الورقة وكذلك الكلوروفيل فى حين زادت الأحماض الأمنية فى كل من الجذور والأوراق وأيضا نقصت النسبة بين المجموع الجذرى إلى المجموع الخضري وبصفة عامة كان النمو أقل تحت ظروف الإجهاد من الظروف العادية.

وأشارت البحوث التى أجريت على الكانولا إلى أن زيادة ملوحة التربة تسببت فى زيادة تركيز الصوديوم والماغنسيوم ونقص تركيز الكالسيوم والبوتاسيوم فى الجذور والمجموع الخضرى وكذلك نقص الجهد المائى للورقة والقوة الأسموزية والنتح والتوصيل الثغرى

والهيدروليكى. أيضاً لوحظ أن وجود الكالسيوم أو زيادة تركيزه يحسن من النمو وبالتالى التحمل للملوحة إضافة إلى تحسينه لنمو البادرات.

وجد فى دراسة أخرى على نبات الكانولا أن الإجهاد الملحى يؤدى إلى زيادة كل من الصوديوم والكلورايد فى كل من المجموع الجذرى والخضرى بينما نقص المحتوى البوتاسى والفوسفورى (صقر وآخرون ٢٠٠٣) ووجدوا أن استخدام المواد المنظمة للأسموزية مثل البرولين والجليسنبتين أدى إلى تلاشى أو تقليل التأثير المثبط لكلوريد الصوديوم على الدالات.

وفى محصول السمسم لوحظ نفس الناتج أيضا حيث وجد أن زيادة الصوديوم يؤدى إلى نقص الامتصاص من البوتاسيوم والكالسيوم وكذلك الفوسفور وبالتالى استنتج أن حساسية السمسم إلى الصوديوم تتوقف على مدى انتقاله إلى المجموع الخضرى وكذلك نسبة وجود البوتاسيوم والكالسيوم والفوسفور.

التربية لتحمل الملوحة:

هناك طريقتان رئيستان لدراسة التحمل الوراثى فى النباتات وهما الطرق التقليدية (العادية أو الكلاسيكية) وطرق التربية الحديثة.

١ - طرق التربية التقليدية:

تعتمد طرق التربية التقليدية على مشاهدة التغيرات المظهرية للنبات تحت ظروف الإجهاد من حيث النمو وأعراض الضرر وقياس محتوى الأيونات في الأنسجة. فى هذا الصدد يمكن استخدام مختلف الطرق من استيراد وانتخاب أو تهجين أو طفرات لإنتاج نباتات متحملة للملوحة.

ومن نتائج بحوث تقييم التراكيب الوراثية المختلفة من دوار الشمس اتضح أن ارتفاع محتوى النباتات من الهيستامين Histamine يجعلها أكثر تحملاً للملوحة. كذلك وجد أن صفة التحمل للملوحة محكومة وراثياً بالتأثير المضيف للجينات ووجد أيضاً أن قطر القرص ثم وزن

الـ ١٠٠ بذرة كانا أعلى مساهمة في المحصول تحت الظروف المحلية وأن تركيز البوتاسيوم فى المراحل الأولى من حياة النبات كان له أعلى الأثر في المحصول.

وفى الكانولا وجد أن زيادة الملوحة تؤخر ظهور الأوراق والعقد الثمرية بل أيضاً تؤثر سلباً على تكوين القرون وامتلاء البذور وطول النبات وعدد القرون وبالتالى انخفاض وزن البذرة وفى النهاية التأثير على المحصول. ومن تجارب تقييم الأصناف اتضح اختلاف التراكيب الوراثية فى استجابتها للملوحة وكذلك اختلف معامل الحساسية للملوحة من صنف إلى آخر وبالتالى يعتبر ذلك معياراً جيداً لقياس تحمل الملوحة.

وفى السمسم وجد أن الملوحة قد أثرث على نسبة الإنبات ومعدل وقوة البادرات وكذلك الوزن الطازج والجاف للنبات، وبالنسبة للصفات المحصولية نقص وزن الـ١٠٠٠ بذرة بزيادة الملوحة.

ومن تجارب الهجن المنزرعة تحت إجهاد ملحى وجد القدرة العامة والخاصة للائتلاف ترجع إلى التأثير المضيف وغير المضيف للجينات.

٢ ـ الطرق الحديثة (الطرق غير التقليدية)

تعتبر طرق التربية الحديثة هى الخاصة بطرق مزارع الأنسجة وهندسة الجينات والتى فيها يدرس تأثير الملوحة على الخلايا وكذلك معرفة وتحديد الجينات المسئولة عن تحمل الملوحة والحساسة لها.

وتعتبر مزارع الأنسجة من الطرق الجيدة لدراسة كيفية تحمل النبات للإجهاد الملحى حيث إنه فى هذه الطريقة يمكن الانتخاب للعديد من التراكيب فى مجموعة كبيرة الأطباق فى المعمل فى وقت قصير (باعتبار أن هناك ملايين من الخلايا فى الكالس أو معلق الخلايا يمكن الانتخاب منها ما هو متحمل).

وبالنسبة للدراسات فى هذا المجال فى دوار الشمس: وجد أن تكشف الكالس فى البيئة

الملحية يكون أقل ولكنه كان بنسبة أعلى للأصناف المتحملة للملوحة مقارنة بالحساسة. أيضاً وجد أن هناك تجميع كبير لكل من السكريات والأحماض الأمينية والبرولين فى الأنسجة المنتخبة للملوحة، كذلك وجد أن هناك ارتفاعاً لنسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم فى هذه الأنسجة المنتخبة.

ووجد أن نسبة البرولين فى الكالس المنتخب أعلى بكثير من الكالس غير المنتخب تحت تأثير الإجهاد الملحى وذلك فى محصول الكانولا.

فقد وجد أيضاً أن السلالات المنتخبة تحت الإجهاد الملحى كانت تتميز بنمو جذري وخضرى مقارنة بالمعاملة القياسية، أيضاً وجد أن صفة المقاومة للملوحة انتقلت إلى الأجيال التالية وتميزت السلالات المنتخبة بارتفاع البرولين ووجود اختلاف فى كمية بعض الإنزيمات وارتفاع الضغط الأسموزى.

أوضحت النتائج عدم تأثر كل من نقاوة ووزن ومحصول السكر لجذور بعض أصناف بنجر السكر بزيادة تركيز الأملاح بماء الري حتى ٦٢٩٠ مليجرام/ لتر واعتبرت هذه الأصناف متحملة للملوحة كما زاد تركيز البرولين في أوراق هذه الأصناف تدريجياً بتزايد تركيز الأملاح بماء الري.

ولكن على العكس من ذلك عندما حدث انخفاض فى تركيز البرولين بالأوراق بزيادة تركيز الأملاح بماء الري أدى ذلك إلى تأثر نسبة كل من السكروز والمواد الصلبة الذائبة وبالتالي نقاوة ووزن الجذور ومحصول السكر بالجذور.

وقد وجد أن هناك ارتباطاً موجباً بين تركيز الأملاح بمياه الري ونسبة البرولين الحر المتراكم في أوراق أصناف بنجر السكر شديدة ومتوسطة التحمل للملوحة . ولم تتأكد معنوية الارتباط لنباتات الأصناف الحساسة للملوحة . وبذلك يمكن اتخاذ تركيز البرولين الحر بأوراق بنجر السكر كوسيلة لانتخاب الأصناف المقاومة للملوحة والتي يمكن زراعتها في الأراضي الجديدة مع إمكانية استخدام ماء ري يصل تركيز الأملاح به إلى ٦٢٩٠ مليجرام/ لتر .

ويسعى المربى جاهداً إلى إنتاج أنواع وأصناف من القمح تتحمل الملوحة حيث تفيد زراعة تلك النباتات التى تتحمل الملوحة فى التوفير فى كل من مياه الرى بالإضافة إلى تكاليف الإصلاح الدورى للتربة.

كما يمكن زراعة هذه النباتات التى تتحمل الملوحة اعتماداً على المياه الجوفية التى ترتفع فيها نسبة الأملاح، وفى المناطق الساحلية والتى يؤدى كثرة سحب المياه الجوفية منها إلى زيادة ملوحتها بسبب اختلاطها بمياه البحر، وفى الصحراء الساحلية التى يمكن ريها لمياه البحر مباشرة.

صفة تحمل الملوحة وراثياً وطبيعتها فى القمح:

يعتبر محصول القمح من المحاصيل المقاومة نسبياً للموحة، حيث أمكن زراعة بعض الأصناف فى أراضى بلغت نسبة الملوحة بها من ٥٠٠٠-٦٠٠٠ جزء فى المليون – وقد تختلف أصناف وسلالات القمح فيما بينها فى درجة مقاومتها أو تحملها للملوحة، فقد أمكن استنباط أصناف جديدة تتحمل الملوحة مثل سخا ٨، سخا ٩٣، سدس (١) محسن، وصفة المقاومة للملوحة صفة كمية يتحكم فيها عدد كبير من العوامل الوراثية.

ويقع الجين المسئول أو الجينات المسئولة عن قدرة النبات الانتخابية لتفضيل أيون البوتاسيوم على أيون الصوديوم Selectivity(K^+/Na^+) (وهى صفة مهمة فى تحمل الملوحة) على كروموسوم واحد ومن المعروف أن القمح وهو نبات هجينى سداسى التضاعف، يحتوى على الهيئات الكروموسومية لثلاثة أنواع نباتية وهى التى تعرف بالرموزD,B,A وقد حصل القمح على الهيئة الكروموسومية D من النوع *Aegilops squarrosa* ويظهر هذا النوع وكذلك الأنواع السداسيةAA,BB,DDنسبة انتخابية عالية لأيون البوتاسيوم على أيون الصوديوم، مقارنة بالأنواع الرباعيةAA,BB الأمر الذى يرجح أن مصدرتلك الصفة(صفة التفضيل) هو الهيئة الكروموسومية DD وقد أوضحت الدراسات السيتولوجية أن الجين أو الجينات المسئولة عن تحمل الملوحة موجودة على الكروموسوم الرابع للهيئة الكروموسومية DD (عن Yeo and

Flowers 1989) وقد اقترح Austin (١٩٨٩) أنه يوجد ما لا يقل عن خمسة أنظمة مختلفة للتحكم فى نسبة الصوديوم إلى البوتاسيوم، وهو ما يعنى توفر خمسة جينات على الأقل تتحكم فى هذه الصفة وربما يكون أكثر من ذلك، ومازال هذا الموضوع يحتاج إلى مزيد من الدراسات من جانب المربى وذلك لمعرفة الكثير عن صفة تحمل نبات القمح للملوحة، لما لذلك من أهمية كبرى فى مجال تربية النبات.

الأرز

أمكن استنباط صنف جيزة ١٥٩ فى محصول الأرز وذلك بالتهجين بين الصنف عجمى × الصنف جيزة ١٤ ويتميز هذا الصنف بمقاومته للملوحة وكذلك المحصول العالى وكذلك جيزة ١٧٨ مقاوم للملوحة.

الفول البلدى

وجد أن صفة تحمل الملوحة فى محصول الفول البلدى تعتبر صفة وراثية يمكن نقلها فى برامج تربية الفول من أحد الآباء المقاومة إلى الصنف المنزرع.

القطن

إن الأصناف المصرية تكون أكثر مقاومة للملوحة من الأصناف الأمريكية ، وتعتبر الأنواع *G.herbaceum* ، *G.neglectum* من الصول الوراثية المهمة لصفة المقاومة للملوحة ، حيث إنه تم إنباتها فى محلول ملحى ٠,٤ عيارى وكانت نسبة الإنبات قد بلغت ٧٤٪.

الدخنابير

أمكن إنتاج الدخنابير وهو هجين ناتج من حشيشتى الدخن والنابير (علف الفيل) وهو متحمل الملوحة.

النسيلة

النسيلة أو الأمشوط يمكن زراعتها فى الأراضى الملحية ويتم تقليل الملوحة نتيجة لغسل الماء للملوحة.

الكانولا

محصول الكانولا يتحمل الملوحة حيث إنه أول المحاصيل التى تزرع فى الأراضى المقتطعة من البحر فى هولندا، وفى مصر توجد سلالات كثيرة من الكانولا وتوجد بينها تباينات كبيرة لتحمل الملوحة حيث تم زراعتها فى الفيوم (١٥ مليموز) وأعطت من ١١٤ -٤٤٨ كجم/ فدان.

بعض النتائج والبحوث التطبيقية تحت ظروف الإجهاد الملحى

فول الصويا

درس عيسى وحمد (١٩٩٩) استجابة فول الصويا إلى الملوحة حيث وجدا أن زيادة الملوحة أدت إلى انخفاض معنوى فى نسبة الإنبات وارتفاع النبات والوزن الجاف للجزء الخضرى والجذرى وتركيز البوتاسيوم والكالسيوم والماغنسيوم – فى حين أدت زيادة تركيز أيون الصوديوم والكلورايد وأوضحت النتائج أن هناك اختلافات بين الأصناف فى تحملها للملوحة، حيث كان الصنف LEE أكثر تحملاً من الأصناف الأخرى تحت الدراسة.

الفول البلدى

درس درويش وآخرون (٢٠٠٣) أداء بعض السلالات والأصناف لمحصول الفول البلدى فى الأراضى المتأثرة بالملوحة وقد أوضحوا أن التأثيرات الضارة للملوحة على محصول الفول البلدى تباينت باختلاف التراكيب الوراثية فيما يتعلق بأداء صفات الغلة ومكوناتها، بالإضافة إلى معايير التحمل والحساسية والثبات. مما يشير إلى ثراء التباينات فى هذه المجموعة من التراكيب الوراثية التى باستخدامها فى برامج التربية لتحسين الأداء تحت الظروف الملحية وخاصة الخفيفة يمكن الوصول إلى درجة مقبولة من ثبات الأداء، بالإضافة إلى استجابة بعض التراكيب الوراثية لتحسين البيئة الملحية عن طريق بعض المعاملات الزراعية التى يمكن أن تخفف من التأثيرات الضارة للملوحة.

الخريزة

وأوضح المشيلح وآخرون (١٩٩٩) عند دراسة التأثير المتلازم لبعض منظمات النمو والملوحة على إنبات الخريزة (الساليكورنيا) وهو أحد نباتات البيئة الملحية أن زيادة الملوحة أدت إلى حدوث انخفاض حاد فى نسبة الإنبات وذلك من ٢٤ إلى ٨٨٪ بزيادة الملوحة من ١ × ١٠ ٣ إلى ٤٠ × ١٠ ٣ ملجم/ لتر، ولكن بإضافة منظمات النمو خاصة حمض الجبريليك أدى إلى زيادة معدل الإنبات، حيث ارتفع بنسبة ٣١٪ بعد الأسبوع الأول وبنسبة ٣٩ ٪ بعد الأسبوع الثانى مما أدى إلى زيادة المحصول الناتج منه.

الشعير

وجد Hoffman and Jobes (١٩٧٨) أن الرطوبة النسبية المرتفعة تؤدى لزيادة مقاومة بعض المحاصيل الحقلية مثل الشعير والذرة للإجهاد الملحى.

توصل عبد الفتاح وآخرون (١٩٩٦) إلى صنف جديد من الشعير مقاوم للملوحة فى محافظة الفيوم وأوضحوا أن الصنف جيزة ١٢٣ ينمو جيداً تحت ظروف تركيزات متوسطة الملوحة بالإضافة إلى التركيزات العالية من الأملاح مع اتباع المعاملات الزراعية المناسبة.

وأوضح الرحمانى وآخرون (١٩٩٧) تحمل الغشاء البلازمى والملوحة لنباتات الشعير حيث تم دراسة تأثير كلوريد الصوديوم على النمو والمكونات المعدنية وتكامل الغشاء البلازمى. فقد وجدوا أن النمو ينشط أو يتأثر قليلاً فى التركيزات المنخفضة من كلوريد الصوديوم (١٠، ٢٠ مليموز)- أما التركيزات المرتفعة فقد أدت إلى انخفاض النمو ، وكان هذا الانخفاض حاداً فى التركيزات من (١٠٠-٢٥٠ مليموز) وأما المحتوى المعدنى فقد انخفض محتوى المجموع الخضرى والجذرى من أيونات البوتاسيوم فى حين زاد تراكم أيونات الصوديوم فيها بزيادة تركيز كلوريد الصوديوم فى الوسط الذى نمت فيه النبات. أما تكامل الغشاء البلازمى فقد تم قياسه عن طريق ترشيح أيونات البوتاسيوم من أطراف الجذور، حيث حدث ترشيح سريع للبوتاسيوم فى التراكيز المحصورة بين ١٠٠-٢٥٠ مليموز كلوريد صوديوم – وفى نفس الوقت زاد نشاط

إنزيم أدينوسين ثلاثى الفوسفات (ATP) فى أطراف الجذور.وأوضحت النتائج أن الغشاء البلازمى لخلايا الجذور قد تحطم فى المستويات المرتفعة من الملوحة مما يدل على أن هذا الغشاء هو الموقع الأول للتأثر السمى للملوحة.

أوضح عافية وآخرون (٢٠٠١) عند دراسة أداء بعض تراكيب الشعير المحلية والمستوردة تحت ظروف الإجهاد الملحى السائدة برأس سدر أن هناك تناقصاً فى متوسط الأداء لجميع الصفات المدروسة عدا دليل الحصاد وذلك بزيادة مستوى الملوحة. وكان هناك اختلافات بين التراكيب الوراثية بدرجة كبيرة عند انتخاب سلالات أكثر تحملاً للظروف الملحية وأعلى إنتاجية حيث تفوقت السلالتان من الشعير ذى الصفين G7،G15 فى محصول الحبوب ، وأن أعلى السلالات تحملاً للملوحة بالنسبة لمحصول الحبوب والقش فى طرز الشعير ذى الستة صفوف هما السلالة G4 والسلالة G16 من الشعير ذى الصفين وذلك عند حساب قيم معامل الحساسية للإجهاد.

درس جلال وآخرون (٢٠٠٣) تأثير ملوحة التربة على كفاءة العلاقة بين نبات الشعير والميكروبات المصاحبة وأوضحوا أن استخدام المخصبات الحيوية تساعد النباتات النامية أن تنمو بصورة جيدة تحت ظروف الإجهاد الملحى ومواجهة هذه الظروف البيئية السيئة.

القمح

أوضح سلام وعافية (١٩٩٨) عند تقييم وغربلة بعض التراكيب الوراثية من القمح تحت الظروف الملحية وعلاقة ذلك بالمكونات الكيميائية أنه كان هناك ارتباط موجب ومعنوي بين محصول حبوب النبات وكل من نسبة البرولين والصوديوم والـ DNA والبروتين الذائب والسكريات المختزلة، بينما كان سالباً وعالى المعنوية مع نسبة كل من RNA، والماغنسيوم ، وقد أوضحا أن الصنف ياكورا روجو والسلالة رقم (٣) هما أحسن التراكيب الوراثية تحت الدراسة للزراعة مباشرة فى الظروف الملحية أو الاستفادة منهما فى برامج التربية لتحمل الملوحة فى القمح.

أوضح أبوسمرة والكركى (١٩٩٩) عند دراسة انتخاب أصناف من القمح لتحمل الملوحة على مرحلتين من النمو وهما الإنبات والبادرات أنهما قد وجدا أن زيادة الملوحة أدت إلى تناقص نسبة الإنبات ودليل سرعة الإنبات ومساحة الأوراق والوزن الجاف للنمو الخضرى والجذرى- وأظهر الصنف جبيهه أنه أكثر تحملاً بينما شام ١ حساس لزيادة تركيز الملوحة – حيث أوضح الصنف جبيهه أنه كان أقل تأثراً بزيادة الملوحة بالنسبة لمساحة الأوراق وأن الوزن الجاف للمجموع الخضرى كان أقل تأثراً.

وقد ذكر حسين غروشة وآخرون (٢٠٠٣) عند دراسة استجابة نمو محصول القمح تحت الظروف الملحية لمنظمات النمو (أندول حمض الخليك – حمض الجبرلليك، الكينيتين) سواء نقعاً لحبوب القمح قبل الزراعة أو رشها على المجموع الخضرى للنبات وجدوا أن منظمات النمو قد أدت إلى تحسين معنوى لصفات النمو الخضرى بالرغم من التأثير السلبى للملوحة ويرجع ذلك إلى زيادة امتصاص النبات للماء والعناصر المعدنية مما يجعل التوازن الخضرى قائماً، وكذلك زادت عمليات الأيض العام للنبات وعمليات التمثيل الضوئى والآزوتى وقد زاد محتوى البرولين والبروتين والكلورفيل معنوياً وكذلك الأحماض الأمينية.

استنتج عافية ودرويش (٢٠٠٣) عند تحليل معامل المرور أن مساهمة الصفات تحت الدراسة فى محصول الحبوب تصل إلى ٧٦,٦٪ تحت الظروف المطرية بالساحل الشمالى، ٧٩,١٥ تحت الظروف الملحية بواحة سيوة لمحصول القمح، وأن عدد السنابل/ نبات يساهم بصورة فعالة فى المحصول سواء بالطريق المباشر أو غير المباشر تحت ظروف كل من الموقعين تحت الاختبار.

أوضح السيد (٢٠٠٤) أن إضافة السيلكون لنباتات القمح تحت ظروف الإجهاد الملحى أدى إلى تناقص عنصر الصوديوم وزيادة تركيز البوتاسيوم فى السيقان والجذور نتيجة لضغط وإجهاد الأملاح فى القمح – وقد أشار على أنه عند إضافة السيلكون فى وجود ضغط من الأملاح يحدث تثبيط كبير لامتصاص الصوديوم، وكذا لانتقاله من الجذور إلى السيقان.وقد

أعزى الباحث إلى أن إضافة السيلكون تحت ظروف الإجهاد الملحى يرجع إلى الامتصاص الاختيارى وانتقال كل من البوتاسيوم والصوديوم بالنبات، كما أشارت النتائج إلى أن عنصر السيلكون قد يعمل على تغيير معقد الميتابوليزم وفسيولوجيا نباتات القمح ليجعله متحملاً للملوحة.

الأرز

أكد الشيمى وآخرون (٢٠٠٣) فى دراسات فسيولوجية وبيوتكنولوجية على بعض أصناف الأرز وذلك بتحديد البصمة الوراثية للأصناف المستحدثة وإنتاج نباتات أكثر مقاومة للملوحة باستخدام مادة إيثيل ميثان سلفونات EMS عن طريق زراعة الأنسجة معملياً . إن التماثل الوراثى بين صنفى سخا ١٠١ ، سخا ١٠٢ يمكن زراعتهما بنجاح تحت ظروف الأراضى الجديدة المستصلحة والرى بماء البحر ٢٤ مليمول مقارنة بالصنف المقاوم للملوحة جيزة ١٧٨ عند نقع حبوبهما فى مادة EMS

الذرة الرفيعة (السورجم)

وقد ذكر Acevedo وآخرون (١٩٧٩) أنه يحدث تراكم لبعض المواد فى خلايا الورقة لتعديل الأسموزية فى منتصف النهار وذلك لمقاومة الجفاف، ويحدث فى السورجم أن تتراكم السكريات المختزلة.

الذرة الشامية

أوضح عمر (١٩٩٦) فى دراسة استجابة محصول الذرة الشامية للآلار تحت الظروف الملحية إلى أنه بزيادة ملوحة التربة أدى إلى نقص نمو النبات ومحصول الحبوب ومكوناته ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل – وأدى الرش بالآلار لتقليل تأثير الملوحة على محصول الحبوب ومكوناته وكذلك محتوى الأوراق من الكلوروفيل.

دوار الشمس

وجد الهوارى وقشطة (١٩٩٨) عند تقييم تحمل الملوحة فى بعض هجن تباع الشمس أن زيادة الملوحة أدت إلى نقص معنوى فى ارتفاع النبات وقطر الساق وقطر القرص ودليل الحصاد ومحصول البذور والزيت للفدان- واختلفت الهجن معنوياً فى جميع الصفات المدروسة ، وقد أشارت النتائج إلى أن الهجين H63 كان الأكثر تحملاً لملوحة التربة ويمكن زراعته فى الأراضى المتأثرة بالأملاح فى شمال الدلتا.

درس عبد الحميد (٢٠٠٢) تأثير ملوحة ماء الرى على الإنبات وبداية النمو الخضرى لبعض أصناف الذرة الصفراء وأشارت النتائج إلى أن زيادة الملوحة تؤثر تأثيراً سلبياً فى خصائص البادرة وفى الوزن الجاف للمجموع الخضرى وفى المساحة الورقية وفى محتوى الورقة من الكلورفيل وفى المحتوى الرطوبى النسبى فى الورقة ، كما أنها تقلل من كمية البوتاسيوم وتزيد من كمية الصوديوم مما يؤدى لانخفاض معدل K^+/Na^+ فى الأوراق .

الحمضيات

درس ابن إسماعيل والطويل (٢٠٠٤) تأثير الرى بالمياه المالحة على أشجار الحمضيات مطعمة عليخمسة أصول حيث تم رى هذه الأشجار بمياه الرى التى وصلت الملوحة بها إلى ٣٠٠٠ جزءًا فى المليون، وتم تحليل عينات من الأوراق لمعرفة تركيز الكلوريدات فى الأوراق واتضح أن تركيز الكلوريد فى أوراق جميع الأصناف والأنواع المطعمة على كليوباترا ماندراين ورانجبورلايم أقل منها فى جميع العينات الأخرى، الأمر الذى يوضح تحمل هذين الأصلين لملوحة ماء الرى أكثر من غيرهم من الأصول الأخرى.

الطماطم

وجد Rush and Epstien (١٩٧٦) أن أصناف الطماطم تختلف فى درجة مقاومتها للملوحة فهناك بعض الأصناف يمكن أن تتحمل الرى بماء البحر ، بينما لا يستطيع صنف آخر

تحمل تركيزاً أعلى من ٥٠٪ من ماء البحر إلا أنه يحدث تثبيطاً لكل من الصنفين، ولكن درجة التثبيط فى النمو تكون قليلة فى الصنف الأول ، بينما تكون كبيرة فى الصنف الثانى.

وذكر أيضاً Feigin (١٩٨٥)أن زيادة الكلور فى بيئة الجذور أدت إلى نقص فى كمية النترات فى أوراق الطماطم.

قام كل من عبد المولى وأبو النصر (٢٠٠٤) بدراسة على تأثير إضافة بعض الأسمدة العضوية على بعض خواص التربة وإنتاجيتها من محصول الطماطم المنزرعة على أرض رملية تروى بماء مالح تحت ظروف الصوب البلاستيكية وأوضح أن معاملات الأسمدة العضوية أدت إلى تحسين الخواص الطبيعية للتربة وتحسين خاصية حفظها للمياه وزيادة تيسير العناصر الغذائية الكبرى وكذلك بعض العناصر الصغرى ، وأدت كذلك الى زيادة النمو الخضرى وعدد الأوراق وطول النبات وعدد الثمار/ نبات والمحصول وبعض صفات الجودة بالثمار (المواد الصلبة الكلية والحموضة) وذلك تحت ظروف الرى بماء ملحى .

البطاطس

وجد المشيلح (٢٠٠٣) عند دراسة إضافة الكالسيوم لتقليل تأثيرات الإجهاد الملحى لمياه الرى لإنتاج البطاطس أن مراحل النمو المختلفة وإنتاجية نباتات البطاطس قد انخفضت معنوياً مع زيادة مستويات ملوحة مياه الرى، كما كان للكالسيوم تأثير إيجابى فى الحد من تأثير زيادة الأملاح فى مياه الرى (٩٤٥ جزءًا فى المليون). لذلك فإن إضافة الكالسيوم تعمل على تحسين كمية ونوعية محصول البطاطس وتقلل من تأثيرات الإجهاد الملحى السلبية أثناء نمو وإنتاج البطاطس.

الكانولا

أوضح صقر وآخرون (٢٠٠٣) فى دراسة تركيبية وفسيولوجية ومحتوى الزيت للكانولا تحت تأثير الملوحة حيث استخدموا بعض المواد المنظمة للأسموزية مثل البرولين والجليسنبيتين

على المكونات البيوكيميائية فى مختلف الأعضاء النباتية للكانولا تحت تأثير تركيزات مختلفة من كلوريد الصوديوم عند الرى ، وأظهرت الدراسة تناقصاً واضحاً فى صبغات البناء الضوئى، وزيادة كل من تراكم البرولين ، الكربوهيدرات الذائبة الكلية ، الصوديوم ، الكلوريد فى كل من المجموع الجذرى والخضرى لنبات الكانولا بينما نقص المحتوى البوتاسى والفوسفورى– وأدى استخدام المواد المنظمة إلى تلاشى أو تقليل التأثير المثبط لكلوريد الصوديوم على الدالات وزيادة واضحة فى بعض المحتويات الفسيولوجية مما يؤكد دورها فى تنظيم الأسموزية ومردود ذلك على النمو.

الفاصوليا

فى دراسة أجراها Nieman and Poulsen (١٩٦٧) على استجابة نباتات الفاصوليا لتركيز كلوريد الصوديوم وجد أنه قد حدث نقص فى الوزن الرطب لساق الفاصوليا بمقدار ٦٩٪ ، ونقص فى الوزن الجاف بمقدار ٩١٪ مقارنة بالنباتات غير المعاملة بالملوحة.

فى دراسة أجراها Seemann and Critchly (١٩٨٥) على تأثير كلوريد الصوديوم على نمو نبات الفاصوليا، وجدا أن كلوريد الصوديوم يؤثر تأثيراً سلبياً على الوزن الرطب والجاف لكل من المجموع الخضرى والجذرى ، ولكن كان نمو المجموع الخضرى أكثر حساسية للملوحة، فقد نقص الوزن الرطب للمجموع الخضرى بنسبة ٥٠٪ عند تركيز ٥٠ مليجزىء ، بينما كان النقص فى الوزن الرطب للمجموع الجذرى وصل إلى نسبة ٦٠ ٪ عند تركيز ١٥٠ مليجزىء، وقد حدث بجانب نقص النمو تراكم للكلوريد ، الصوديوم فى السيتوبلازم والبلاستيدات الخضراء والفجوات العصارية لخلايا الأوراق.

فى دراسة أجراها Neumann وآخرون (١٩٨٨) على نبات الفاصوليا وجد أن تأثير كلوريد الصوديوم على نمو أوراق نبات الفاصوليا يؤدى إلى نقص مساحتها إلى٢٣سم٢ عند معاملة النبات بـ ١٠٠ مليجزىء من كلوريد الصوديوم مقارنة بـ ٣٣ سم٢مساحة الأوراق لنباتات الفاصوليا غير المعاملة.

وقد أوضح Ziska وآخرون (١٩٩٠) أن السبب فى تثبيط كلوريد الصوديوم لعملية البناء الضوئى راجع إلى تراكم أيون الكلورايد فى الأوراق فى نبات الفاصوليا، وكذلك يسبب الإجهاد الملحى نقصاً فى نشاط الإنزيمات التى تعمل على تحفيز تثبيت ثانى أكسيد الكربون.

فاصوليا وبازلاء

وجد Levitt (١٩٨٠) أن الإجهاد الملحى يسبب نقصاً فى محتوى أنسجة النباتات غير الملحية لعدد من العناصر المغذية والمهمة لحياة النبات. فقد ذكر أن نمو الفاصوليا والبازلاء يتأثرا بالإجهاد الملحى ويمكن التغلب على هذا التأثير فى النمو بإضافة البوتاسيوم. ووجد أن أملاح الصوديوم تسبب نقصاً فى كمية بعض العناصر المغذية فى أوراق السبانخ مثل الكالسيوم والبوتاسيوم والماغنسيوم.

طماطم وفاصوليا

وجد Feigin (١٩٨٥) أن إنتاج محصول الطماطم والفاصوليا المعرضين للإجهاد الملحى قد تحسن عند إضافة الفسفور، Gallatin، Lunin.

القطن

فى دراسة أجراها Nieman and Poulsen (١٩٦٧) على استجابة نباتات القطن لتركيز كلوريد الصوديوم وجد أنه قد حدث نقص فى الوزن الرطب لساق القطن بمقدار ٥٨ ٪، ونقص فى الوزن الجاف بمقدار ٧١٪ مقارنة بالنباتات غير المعاملة.

البازلاء

ووجد فى دراسة أجراها Cerda وآخرون (١٩٨٢) على صنفين من البازلاء حيث وجد أن نمو الصنفين يتم تثبيطهما بدرجة متفاوته بالإجهاد الملحى، حيث كان الوزن الجاف لساق أحد الصنفين عند التركيز المرتفع من الملح قد وصل إلى ٢٦٪ من الوزن الجاف للنباتات المعاملة بأقل تركيز بينما انخفض الوزن الجاف لساق الصنف الأكثر مقاومة للملوحة إلى ٥٠٪ من وزن

النباتات المعاملة بأقل تركيز للملح. وأوضحت الدراسة أن الملوحة أدت إلى نقص وزن القرون والوزن الجاف لبذور النبات الواحد.

بصل وفجل

وفى دراسة أخرى وجد Hoffmann and Rawlins (١٩٧٠) أن الرطوبة النسبية المرتفعة تسبب زيادة مقاومة النباتات الحساسة للملوحة فى حين أن تأثيرها يكون قليل على النباتات الأكثر مقاومة للملوحة – حيث أجريا تجربة على بعض محاصيل الخضر مثل البصل والفجل ووجدا أن مقاومتها للإجهاد الملحى تزداد عند الرطوبة النسبية المرتفعة .

بطيخ

ذكر Feigin (١٩٨٥) أنه قد حدث نقص فى محصول البطيخ بسبب كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم اللذان أديا إلى نقص فى محتوى المجموع الخضرى لنبات البطيخ من عنصرى البوتاسيوم والمنجنيز.

بعض المحاصيل الحقلية والخضر

وجد Levitt (١٩٨٠) أن الإجهاد الملحى يثبط البناء الضوئى فى محاصيل البصل والقطن والفاصوليا والعنب.بينما فى أوراق نبات السبانخ حدث انخفاض قليل على البناء الضوئى حوالى ١٠٪ عند دراسة تأثير كلوريد الصوديوم على البناء الضوئى لأوراق نبات السبانخ، ولم يسبب الملح نقصاً كبيراً فى كفاءة البلاستيدات الخضراء على القيام بعملية البناء الضوئى.

ووجد Levitt (١٩٨٠) أن زيادة الإجهاد الملحى تؤدى لزيادة تنفس نباتات البازلاء والفاصوليا والذرة والأصناف الأكثر مقاومة للملوحة من الشعير والقمح والقطن.

بقوليات وموالح

ذكر Zekeri and Parrsons (١٩٨٩) أن هناك بعض النباتات البقولية تقاوم الأملاح باستبعاد أيون الكلورايد كما فى الحمص وفى الموالح (الحمضيات) أو أيون الصوديوم كما فى الفاصوليا والبرسيم أو كلاهما فى أحد أصناف فول الصويا من الأوراق.

الفصل الخامس

التربية لتحمل درجات الحرارة المرتفعة ومقاومة الحرارة المنخفضة

الفصل الخامس

أولاً: التربية لتحمل درجات الحرارة المرتفعة

تشير الدراسات إلى أن فسيولوجيا التحمل للحرارة تتضمن العديد من العلاقات المعقدة مما يزيد من صعوبة استنباط الأصناف المناسبة.

ومعظم تجارب الانتخاب لتحمل الحرارة قد أجريت تحت الظروف الحقلية وعلى الرغم من أن علماء الفسيولوجي أوضحوا بوجه عام أن هناك ارتباطاً وطيداً بين تحمل الإجهاد الحراري والعديد من صفات النبات إلا أنه لم يتوفر للمربي الوسائل الدقيقة وطرق الانتخاب الفعالة لتمييز التراكيب الوراثية المرغوبة، وهذا يوضح أهمية التعاون بين علماء تربية النبات للكشف عن أنسب الطرق لتحقيق هذا الهدف، ورغم هذا القصور إلا أننا نستطيع أن مربى النباتات قد استطاعوا أن يحرزوا تقدماً ذا قيمة كبيرة في مجال تحمل الإجهاد الحراري في معظم أنواع المحاصيل الرئيسية.

ويتحدد مدى الضرر الذى يحدث للنباتات بمدة التعرض لدرجات الحرارة العالية، ومدى توفر الرطوبة الأرضية. ومن الطبيعى أن يتوقف النمو النباتى عند ارتفاع الحرارة إلى مستوى يقل عن الحرارة التى تقتله فى الحال، وتختلف المحاصيل فى قدرتها على تحمل درجات الحرارة العالية مما يعكس قدرتها الإنتاجية.

ويتطلب المحافظة على المحصول نتيجة للتعرض للإجهاد الحرارى المرتفع معدلات مرتفعة من كل شىء مثل (العناصر الغذائية- المياه –الإضاءة الشمسية) كل يوم وذلك لكى يتم تجنيب حدوث خسائر معنوية عالية فى المحصول – حيث يمكن أن يتناقص المحصول بنسبة تصل إلى ٤٪ مقابل الارتفاع درجة واحدة مئوية أعلى من المتوسط (Stapper and Fischer ١٩٩٠) وهذا يرجع إلى تقصير فترة امتلاء الحبوب.

درجة الحرارة Temperature

تختلف المحاصيل في احتياجاتها الحرارية والمدى التي تعيش فيه لذا فإن زراعة المحصول ونجاحه في منطقة ما يتوقفان على درجة الحرارة الخاصة بفصل النمو.

تأثيرات إجهاد الحرارة ومقاومتها

تعتبر الحرارة عاملاً بيئياً مجهداً للنبات حيث تؤثر على النباتات تأثيراً ضاراً.

وهناك نوعان من الإجهادات الحرارية هما:

أولاً - إجهاد الحرارة المرتفعة High temperature stress

ثانياً - إجهاد الحرارة المنخفضة Low temperature stress

أولاً - إجهاد الحرارة المرتفعة High temperature stress

ودرجة الحرارة من أهم العوامل التي تؤثر على نمو نباتات محاصيل الحقل إذ أن أى تطور فسيولوجي أو مورفولوجي يحدث بالنبات يتأثر بدرجة الحرارة.

وعموماً فقد ثبت أن درجة حرارة الورقة المعرضة للشمس تكون أعلى من درجة حرارة الهواء المحيط بها أثناء النهار بينما تكون درجة حرارتها أثناء الليل أقل من درجة حرارة الهواء المحيط.

كذلك تؤثر درجة الحرارة على النمو وتطور النباتات عن طريق تنظيم عمليات الأيض مثل التمثيل الضوئي ، والتنفس وهدم بناء المركبات النباتية.

ويؤدي ارتفاع درجة الحرارة عن درجة حرارة صفر النمو لمحصول ما إلى زيادة معدل النمو وصافي التمثيل الضوئي ونسبة مساحة الأوراق إلى وزن النبات (LAR) وعدد الأوراق ومساحة المسطح الورقي ونسبة المجموع الخضري إلى الجذري إلى أن تصل الحرارة إلى الدرجة المثلى لنمو المحصول، وعندما يكون معدل النمو أعلى ما يمكن نصل للدرجة المثلى وبعد هذه

الدرجة يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى نقص معدل النمو إلى أن يتوقف تماماً عند درجة الحرارة القصوى.

وعموما يعتبر نشاط النبات حساساً جداً لدرجة الحرارة والذي يقاس عادة في صورة معدل النمو وكذلك النشاط الإنزيمي وبعض العمليات الحيوية الأخرى، ولكل محصول نطاق من درجات الحرارة يعيش فيه .

ويحدد هذا النطاق بثلاث درجات حرارة رئيسية (درجة حرارة دنيا – درجة حرارة مثلى – درجة حرارة قصوى).

١ ـ درجة الحرارة الدنيا Minimum temperature

وهي درجة الحرارة الأقل من مثيلتها والتي عندها تكون ٥٠ ٪ من البذور قادرة على الإنبات وتكوين جذور طبيعية.

٢ ـ درجة الحرارة القصوى Maximum temperature

وهي درجة الحرارة الأعلى من تلك التي عندها تكون ٥٠ ٪ من البذور قادرة على الإنبات.

٣ - درجة الحرارة المثلى Optimum temperature

وهي درجة الحرارة التي يحدث عندها أعلى نسبة إنبات للبذور والتي بعدها يؤدي ارتفاع درجة الحرارة لنقص معدل النمو .

وكثيراً ما تتعرض النباتات لدرجات حرارة غير مناسبة أثناء النمو مما يؤدى إلى حدوث تغير فى النباتات بما يحميها من الأضرارالناتجة عن التعرض لدرجات الحرارة غير الملائمة وتختلف درجة تحمل النباتات المختلفة لمثل هذه الظروف.

ودرجة الحرارة من العوامل المؤثرة على عملية البناء الضوئي، حيث إن درجة الحرارة تؤثر على ميكانيكية انفتاح الثغور وانغلاقها، وتؤثر كذلك على سرعة تفاعلات البناء الضوئي، وتعتبر درجة الحرارة المثلى لأعلى بناء ضوئي ٣٥ °م كما في الذرة الشامية، ٢٨ °م كما في الدخان ، ١٥ –

١٨ °م كما في القمح.

والأصناف الحديثة لأنواع المحاصيل الرئيسية متأقلمة جيداً للعمليات الزراعية المتحكم فيها ولكنها بصفة عامة ليست على درجة عالية من التحمل أو المقاومة للعوامل البيئية غير المتحكم فيها مثل درجات الحرارة المتطرفة (خارج نطاق الحدود الدنيا والعظمى لدرجة الحرارة).

ويعتبر الإجهاد الحراري عامل رئيسي يؤثر في نمو وتكشف النباتات (Leopold١٩٨١) وبالتالي على كمية المحصول.

وحيث إن التحمل للإجهاد الحراري صفة يمكن توريثها Heritable ، لذا فإنه يمكن استخدام طرق التربية والانتخاب المناسبة لتحسين صفة التحمل للإجهاد الحراري إلا أنه في الوقت نفسه تعتبر التربية لتحمل الإجهاد الحراري مهمة صعبة ، ولهذا يصبح من الضروري تطوير طرق التربية التقليدية واستخدام التقنيات الحديثة الملائمة والتي تساعد المربي في التعرف على التراكيب الوراثية التي تحمل الصفات الوصفية (النوعية) مثل صفة تحمل درجات الحرارة غير المناسبة لنباتات المحاصيل الرئيسية.

الأضرار التي تحدثها الحرارة المرتفعة :

تحدث أضرار نتيجة لتعرض النباتات للإجهاد الحرارى المرتفع وتتوقف على درجة حدوث الضرر كمايلي:

١ ـ أضرار بسيطة نسبياً

وهذه الأضرار التي يترتب عليها رفع درجة الحرارة المرتفعة لكل من النتح أو التنفس ، حيث تؤدي زيادة النتح إلى مقدرة الجذور على امتصاص الماء من التربة مما يؤدى إلى حدوث أضرار الجفاف، بينما تؤدي زيادة معدل التنفس عن معدل البناء الضوئي لحدوث المجاعة Stravation (أضرار نقص الغذاء).

وتحت ظروف الحقل نجد أن أضرار الجفاف تكون دائماً مصاحبة للحرارة العالية، وكلما زادت فترة تعرض النباتات لدرجة الحرارة المرتفعة لفترة طويلة يستعيد فيها النبات نموه الطبيعي وذلك بعد عودة الحرارة لمعدلها الطبيعي، كذلك ينخفض معدل التنفس تدريجياً إلى أن يتوقف تماماً مع انتهاء مخزون الغذاء في النبات.

٢ ـ أضرار متوسطة الشدة:

يحدث نقص لأحد المركبات المهمة للنبات أو يحدث عدم اتزان للعمليات الأيضية أو فقد الأحماض النووية وخاصة حامض RNA أو تراكم مركبات قد تؤدي إلى درجة السمية مثل تراكم الأمونيا التي يحدث نتيجة لارتفاع درجة الحرارة بدرجة كبيرة وهذه التأثيرات مباشرة وتحدث أضرار متوسطة الشدة على النباتات.

٣ ـ أضرار شديدة:

تحدث تفاعلات كيميائية عند التعرض لدرجات الحرارة المرتفعة والتي يترتب عليها موت الأعضاء النباتية. ومن أمثلة هذه التفاعلات معدل فقد البروتينات بشدة عن معدل تمثيلها، مما يترتب عليه حدوث فقد في الإنزيمات وأضراربالأغشية الخلوية ، وقد يحدث الضرر نتيجة لزيادة معدل هدم المركبات النباتية أو نقص معدل تمثيلها أو لكلا السببين معاً وهذه الأضرار تؤثر بشدة على النباتات المتعرضة لدرجة الحراة المرتفعة جداً.

ونتيجة لهذه الأمور السابقة فهناك من الوسائل التي تستخدمها النباتات لحماية نفسها من أضرارالحرارة المرتفعة.

تأثير درجة الحرارة على إنتاج المحاصيل

١ - يؤدى ارتفاع درجات الحرارة إلى حدوث إنبات ضعيف أو إلى بادرات بها أوراق جافة أو ميتة أثناء مراحل البادرات، حيث إن البادرات التى تظهر فوق سطح التربة يمكن أن تتعرض للذبول بسرعة إذا وصلت درجة حرارة التربة إلى ٤٠°م أو أكثر . وإذا كانت

التربة ساخنة وأشعة الشمس قوية فإن أشعة الشمس سوف تؤدى إلى رفع درجة حرارة التربة حتى تصل إلى ٥٠° م خاصة إذا كانت التربة لونها داكن ، وقد وجد Peaock وآخرون ١٩٩٤ حدوث انخفاض قدره ٣٠٪ فى خروج البادرات مع بقائها حية نتيجة لارتفاع درجة حرارة قطاع تربة عمقها ٥سم من ٣٧-٤٥ °م، وفى القمح أدى ارتفاع درجة الحرارة إلى إنبات غير منتظم وموت الجنين وتعرض الأندوسبيرم للخلل.

٢- تسرع درجات الحرارة العالية من عمليات النمو عامة ولكنها نادراً ما تكون هي السبب المباشر في موت النبات (عند توفر الإمداد الرطوبي).

٣- تؤثر درجات الحرارة المرتفعة على عملية التمثيل الضوئي وذلك على الرغم من قلة عملية التنفس وبالتالي تأثيرها على النشاط الإنزيمي وهذا يدل على أن تثبيط الإنزيمات هو أحد أسباب تثبيط التمثيل الضوئي في درجات الحرارة المرتفعة.

فبالنسبة لمحصول القمح، نجد أن درجة الحرارة عندما ترتفع عن ٤٠ °م فإن الأوراق يتم قتلها وخاصة إذا كان هناك نقص فى الماء- ولكن إذا كان الماء عاملاً محدداً فإن النباتات المعرضة لنقص الماء تحاول توفير المياه عن طريق غلق ثغورها وبالتالى يقل التبريد الناتج عن البخر، وبدون هذا التبريد فإن حرارة الأوراق قد تصل إلى ٥٠°م ويحدث عند ذلك توقف لعمليات النمو.

وعموماً يزداد معدل التمثيل الضوئي لنباتات محاصيل الحقل بزيادة درجة الحرارة عندما تكون العوامل الأخرى غير محددة ثم يقل المعدل بزيادة درجة الحرارة حتى يصل لمعدل الحرارة الأمثل والتي بعدها يقل معدل التمثيل الضوئي.

ولقد وجد Friend في أحد أصناف القمح (Marquis) أن درجات الحرارة المرتفعة نسبياً (٣٠ °م) وتحت ظروف النهار الطويل وشدة الإضاءة المنخفضة حوالي (١٤ - ٤٢ °م) أدت إلى تكوين أوراق طويلة أسطوانية قليلة السمك.

٤- يتأثر محصول الحبوب في نباتات السورجم بدرجات الحرارة المرتفعة أثناء التزهير وينشأ الضرر الناتج من الحرارة العالية أو الإجهاد الرطوبي أو لكلا العاملين معاً، وكذلك يؤثر ارتفاع درجة الحرارة على محصول القرطم أثناء التزهير مما أدى إلى انخفاض المحصول نتيجة لقلة عدد البذور بالنورة وصغر حجم البذور.

٥- يتأثر المحصول بصفة عامة بدرجات الحرارة المرتفعة عند طورتكوين الحبوب أو الثمار أو بعد هذا الطور مباشرة ، كما يحدث في محصول القمح الربيعي في شهر يونيو وكذلك محصول الذرة الشامية في شهر يوليو (في أمريكا).

٦- تتأثر جودة المحصول نتيجة للتعرض للحرارة العالية. فقد وجد أن تعرض محصول بنجر السكر للحرارة العالية يؤدى إلى زيادة فى نسبة المواد غير السكرية مثل أملاح الصوديوم والبوتاسيوم والألفا أمينونتروجين وهذه المواد تعيق وتمنع تبلور السكر أثناء عملية التصنيع ويفقد مع المولاس.

كما أن ارتفاع الحرارة أدى إلى تقليل نسبة الزيت فى فول الصويا – وتؤثر الحرارة المرتفعة أثناء تكون الإزهار والثمار على محصول الكتان حيث ينخفض جودة الزيت ونسبة الزيت فى البذور.

ولقد أدرك علماء المحاصيل منذ زمن بعيد العلاقة بين درجة الحرارة وإزهار نباتات محاصيل الحقل ، ولقد وجد أن هناك بعضاً من هذه النباتات تتطلب حرارة معتدلة نسبياً حتى تزهر مثل البنجر، وبعضها يتطلب درجات حرارة مرتفعة نسبياً مثل القصب ، بينما يزهر البعض الآخر في مجال واسع من درجات الحرارة مثل القطن.

ودرجة الحرارة قد تؤثر على آلية هرمونية الإزهار بطرق متعددة ، فقد تؤثر درجة الحرارة في معدلات تخليق المركبات المسئولة عن الإزهار.

٧- تؤثر درجة حرارة التربة المرتفعة على درجة البخر وذلك من خلال تأثيرها في حرارة الورقة

وبالتالي على ضغط بخار الماء في الورقة ، إلى جانب تأثيرها أيضاً على نمو كائنات التربة الدقيقة.

وتتفاوت درجة الحرارة المرتفعة التي تعتبر مجهدة للنباتات من نبات إلى آخر.

فقد ذكر Levitt (١٩٨٠) تقسيماً لنمو النباتات فى المدى الحرارى المناسب إلى:

نباتات محبة للبرودة psychrophiles :

وهى التى تنمو وتتطور في مدى حراري يتراوح بين صفر إلى ٢٥ °م، ودرجة حرارة أعلى من ١٥ °م إلى ٢٠° م تعتبر مجهدة لها.

النباتات المحبة للحرارة المعتدلة mesophiles :

وهى التى تنمو وتتطور في مدى حراري يتراوح بين ١٠ °م و٣٠° م وأي درجة حرارة أعلى من ذلك تعتبر مجهدة لها.

النباتات المحبة للحرارة المرتفعة Thermophiles :

وهى التى تنمو وتتطور في مدى حراري يتراوح بين ٣٠ °م – ١٠٠ °م وللنباتات المتوسطة المحبة للحرارة منها تعتبر درجة الحرارة أعلى من ٤٥ °م مجهدة لها.

في الطبيعة تصل درجة حرارة النباتات أحياناً إلى مستوى مرتفع، وخاصة في حالة انخفاض معدل النتح في حالة وجود النبات في محيط مشبع ببخار الماء. درجة حرارة أوراق النباتات المعرضة لأشعة الشمس تكون أعلى من درجة حرارة المحيط، نظراً لامتصاصها الأشعة الساقطة عليها، والإشعاع الممتص يعتمد على لون الورقة. وقد ذكر Levitt من الأمثلة التي ترتفع فيها حرارة النبات إلى ٤٥ °م وتصل إلى ٦٥° م، أي أعلى من المدى الحراري الذي تقاومه معظم النباتات، والذي يقع بين ٤٥ °م إلى ٥٥°م.

تأثيرات الحرارة المرتفعة على النبات كما ذكرها Levitt(١٩٨٠)

(أ) تعرض النبات لإجهاد جفاف نتيجة زيادة معدل النتح مما يجعل النبات يزيد من امتصاص الماء من التربة لتعويض زيادة النتح فيظهر الجفاف.

(ب) تثبيط النمو.

(جـ) المجاعة (Stravation): حيث يحدث عدم توازن بين التنفس والبناء الضوئي حيث يزيد معدل التنفس عن معدل البناء الضوئى مما يؤدى إلى حدوث نقص فى الغذاء Stravation injury .

(د) السمومية: يؤدى ارتفاع الحرارة إلى عدم اتزان العمليات الأيضية مما يؤدى إلى تراكم بعض المركبات السامة فى النبات.

(هـ) تكسر البروتين: حيث قد يحدث له عملية دنتره.

(و) التغير في طبيعة البروتين.

تأقلم النباتات على مقاومة إجهاد الحرارة المرتفعة التي ذكرها Levitt (1980) هي:

١- نقص امتصاص الأشعة الساقطة، مثل زيادة انعكاس الأشعة الساقطة، كما في نباتات المناطق الحارة.

٢- الامتصاص بواسطة طبقات حماية.

٣- التبريد عن طريق زيادة النتح.

وذكر Daubernmire (1974) عدداً من التأقلمات للحرارة المرتفعة هي:

١- انخفاض المحتوى المائي للبروتوبلازم، مع زيادة نسبة المواد الأسموزية.

٢- صغر نصل الأوراق وزيادة سمكها.

٣- يكون وضع نصل الورقة عمودياً وموازياً لأشعة الشمس.

٤-لون سطح الأوراق مبيض Whitish (اللون الفاتح) وذلك لزيادة انعكاس الشمس.

٥-وجود شعيرات ميتة تغطى النبات.

الأضرار التى تحدثها الحرارة العالية على محصول القمح

تختلف درجات الحرارة الملائمة لنمو نبات القمح اختلافاً واسعاً باختلاف الأصناف وطور النمو بالنسبة للصنف.

وتنقسم نباتات القمح من هذه الناحية إلى مجموعتين رئيسيتين وهما أصناف:

١ - القمح الخريفى أو الشتوى:

وتزرع هذه المجموعة بالمناطق الباردة حيث تزرع النباتات فى الخريف على أن تستكمل دورة حياتها وتحصد فى الخريف.

٢ - القمح الربيعى:

تزرع هذه المجموعة فى الربيع وتحصد فى الصيف، والقمح المصرى قمح ربيعى حيث تنبت حبوب القمح فى نطاق حرارى من ٣ إلى ٣٢ ° م مع درجة حرارة مثلى ٢٥° م وتحتاج البادرات لدرجة حرارة مثلى مقدارها ٢٨° م. وتحتاج نباتات القمح إلى درجات حرارة معتدلة نوعاً للنمو الخضرى وتزهر النباتات فى درجات حرارة ١٣-٢٥ °م فى حين تحتاج الأطوار المتقدمة من حياة النبات إلى درجة حرارة أعلى.

الأضرار الناتجة عن تعريض نباتات القمح فى الأطوار المختلفة:

١ - فترة النمو الأولى:

يؤدى تعرض النباتات للحرارة المرتفعة أثناء الفترات الأولى إلى نقص عدد السنابل.

٢ - فترة الإزهار:

يؤدى تعريض النباتات للحرارة المرتفعة أثناء الإزهار إلى قتل حبوب اللقاح ونقص عدد الحبوب مما يؤدى إلى انخفاض المحصول.

٣ - فترة ما بعد الإزهار:

يؤدى تعريض النباتات للحرارة المرتفعة عقب الإزهار إلى النضج مبكراً (قصر فترة امتلاء الحبة) مع صغر حجم الحبوب.

٤ - فترة النضج:

يؤدى تعريض النباتات للحرارة المرتفعة أثناء نضج الحبوب إلى ضمور الحبوب.

الأسس الفسيولوجية لتحمل النباتات الإجهاد الحرارى المرتفع :

من خلال الدراسات العديدة لتحمل النباتات للإجهاد الحرارى المرتفع وجد أن هناك أنواعاً نباتية تتحمل أكثرمن غيرها من الأنواع الأخرى ويعزى ذلك إلى اكتساب هذه الأنواع المتحملة للإجهاد الحرارى بعض الظواهر الفسيولوجية – فنجد أن النباتات ذات المسار C4 أكثر تحملاً للإجهاد الحرارى نتيجة لأنها أكثر كفاءة فى استفادتها من التركيزات المنخفضة لغاز ك أ٢ فى المسافات البينية للخلايا مقارنة بالنباتات ذات مسار البناء الضوئى C3، وأوضحت الدراسات أيضاً أن الأنواع المتحملة للإجهاد الحرارى المرتفع يرجع إلى زيادة العمليات الأيضية لحامض الكراسيولاسيان (C A M) حيث إن هذه النباتات لها القدرة على قفل ثغورها أثناء الظهيرة وفتح الثغور أثناء الليل ولذلك فإن غاز ك ا٢ الخارجي يتم تخزينه في حامض الماليك أثناء الليل ،وتقوم النباتات ذات مسار البناء الضوئى C3 باستخدام هذا الغاز (ك ا ٢) فى القيام بعملية البناء الضوئى وذلك أثناء النهار ،ولذلك فإن هذه النباتات يقل فيها عملية النتح وهناك أيضاً اختلافات فى استجابة إنزيم Nitrate Reductase حيث إن نشاط هذا الإنزيم لم يتم تثبيطه فى السلالات التى تتحمل الإجهاد الحرارى المرتفع .

ويوجد اختلافات أيضاً فى مقدرة النباتات على كفاءة انتقال الغذاء إلى الأعضاء النباتية الأخرى، حيث إن النباتات المتحملة للإجهاد الحرارى المرتفع ذات كفاءة عالية فى انتقال الغذاء للأعضاء النباتية الأخرى ويعزى تساقط الأزهار والثمار عند التعرض لموجات حرارية مرتفعة إلى نقص انتقال الغذاء إلى الأعضاء النباتية الأخرى حيث يزيد استهلاك المواد الكربوهيدراتية وكذلك معدل التنفس للنباتات المتعرضة للإجهاد الحرارى المرتفع .

الأرز

يتحمل الأرز الحرارة المرتفعة طالما أن الماء متوفرة فى الحقل ،أما إذا جفت المياه فإن درجة الحرارة من ٣٧-٤٠°م تكون ضارة وذلك عند تعريض النباتات لها لفترة طويلة.

وسائل حماية النباتات لنفسها من أضرار الحرارة المرتفعة:

تقوم النباتات بحماية نفسها من أضرار الحرارة المرتفعة بإحدى وسيلتين هما :

١ . تجنب أضرار الحرارة Heat Avoidance

إن تجنب النبات لأضرارالحرارة المرتفعة لايعنى أن تكون درجة حرارته أقل من درجة حرارة الهواء المحيط به ، بل يعنى أن يكون النبات قادراً على البقاء في درجات حرارة لاتتحملها نباتات أخرى.

ويحدث ذلك عن طريق بعض الوسائل التى تؤدى إلى تجنب النباتات لأضرار الحرارة ومنها:

أ - انخفاض معدل التنفس

قد يكون هذا العامل مهماً جداً في الأوراق (حيث يكون تأثيره قليلاً جداً مقارنة بالحرارة التي تكتسبها الأوراق من خلال تعرضها للأشعة الشمسية) ولكنه يكتسب أهمية كبيرة في أعضاء التخزين الشحمية.

ب ـ وجود طبقة قلف عازلة

يرجع ذلك الى وجود طبقة سميكة من القلف (طبقة القلف) وهذا ما يحدث في جذوع الأشجار الكبيرة وهذه الصفة من الصفات التى يربى لها مربى النبات للحصول على نباتات مقاومة لدرجات الحرارة المرتفعة كما ذكر ذلك فى الطراز المثالى.

ج ـ التبريد بالنتح

حيث ذكر levitt ١٩٨٠ أن النباتات تتأقلم لمقاومة إجهاد الحرارة المرتفعة عن طريق التبريد بزيادة عملية النتح، حيث إن النتح يزيل نحو ٢٣ ٪ من الحرارة التي يكتسبها النبات خلال فترة منتصف النهار، ويتوقف مدى فاعلية التبريد بالنتح على سرعة الرياح والرطوبة النسبية ودرجة الحرارة.

د ـ نقص امتصاص الأشعة الساقطة

حيث ذكر levitt١٩٨٠ أن تأقلم النباتات على مقاومة إجهاد الحرارة المرتفعة كما فى نباتات المناطق الحارة و تحقق ذلك من خلال ظاهرة الانعكاس والنفاذية Reflectance and Transmissivity حيث إن وجود الشعيرات وغيرها من الزوائد الورقية و الأوراق ذات اللون الفاتح ووضع نصل الورقة وصغر نصل الأوراق وزيادة سمكها يزيد من ظاهرة انعكاس الضوء .

٢ ـ تحمل الحرارة Heat tolerance

تستطيع النباتات أن تتحمل الحرارة العالية وذلك لأسباب عديدة منها:

١- عدم تراكم السموم أو إبطال مفعولها، وهذه السموم تنتج عن عدم اتزان العمليات الأيضية.

٢- زيادة ثبات البروتينات تحت هذه الظروف حيث يحدث تكسير للبروتين، أو سرعة عودتها لحالتها الطبيعية وهذه القدرة قد لاتكون في كل النباتات بدرجة واحدة.

٣- زيادة معدل البناء الضوئي.

٤- وجود بعض المركبات المهمة بتركيزات عالية فلا يترتب على نقصها قليلاً بفعل الحرارة العالية تأثيرات ضارة على النبات.

٥- نقص معدل التنفس.

ولقد أوضح Christainsen and Lewis (1981) أن برنامج العمل في التربية لتحمل الإجهاد الحراري يتطلب الآتي:

١- تحديد درجة الحرارة التي تسبب ضرراً للنبات ومرحلة النمو التي يحدث عندها الضرر.

٢- قياس وتقدير مدى الضرر الحادث.

٣- تقييم عدد كبير من التراكيب الوراثية المختلفة وانتخاب أحسنها على أن يتم ذلك تحت ظروف محكمة.

التربية لصفات مقاومة الحرارة العالية والجفاف في السورجم

Resistant to heat and drought to stress in sorghum

يتحمل محصول الذرة الرفيعة زيادة درجة الحرارة حتى ٤٠°م .وهذا المحصول من المحاصيل المتحملة للجفاف ، وتعتمد برامج تربية محصول الذرة الرفيعة لمقاومة الحرارة العالية على إنتاج نباتات لها القدرة على المحافظة على مستوى الرطوبة فى أنسجة النبات ، والقدرة على أن يستعيد النبات نشاطه بعد انتهاء الظروف المعاكسة ويتميز جنس السورجم بقدرة عالية على مقاومة الحفاف وفعل الحرارة العالية مما أدى إلى انتشار زراعتها في كثير من المناطق في العالم مثل المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية في أفريقيا والهند والصين وأمريكا الشمالية والوسطى والجنوبية وأستراليا. وصفة المقاومة للحرارة العالية والجفاف التي اكتسبها جنس السورجم كانت نتيجة لتميزه بمؤثرات وميكانيكيات داخل النبات نفسه وهذه قد تكون مرتبطة معاً أو لاتكون في تأثيرها.

كما أنه من المحتمل أن تكون مرتبطة بمراحل تكشف ونمو النبات من زراعة البذرة وحتى الحصاد.وهذه المؤثرات تمكن نبات السورجم من الاستمرار في النمو والحياة رغم الظروف غير المواتية والتي يتعرض لها النبات في فترة من فترات حياته من حرارة عالية وجفاف.

ومن العوامل المهمة التي توجد فى نبات السورجم وتساعده على مقاومة الجفاف والتي يأخذها مربي النبات في الاعتبار وخاصة أن هذه الظروف تعتبر سائدة في مناطق الإنتاج:

١- وجود غطاء شمعي كثيف على بشرة الأوراق بالسطح العلوي والسفلي وهذا يعمل على تقليل النتح وقفل الثغور أثناء الجفاف بالقدر الذي يعمل على اتزان الحرارة داخل النبات وخارجه.وكذلك فإن الطبقة الشمعية غير منفذة للماء.

٢- مجموع جذري قوي ومتعمق ليصل إلى مستوى الماء الأرضي في حالة جفاف الطبقة السطحية.

٣- التوزيع الفراغي للأوراق بحيث يقلل زاوية انفراج الورقة والسطح المعرض للنتح.

٤- انخفاض عدد الثغور في السنتيمتر المربع.

٥- أوراق الذرة الرفيعة تبلغ مساحة سطحها نصف مساحة سطح أوراق الذرة الشامية .

٦- يستمر فى حالة سكون ويتوقف عن النمو أثناء الجفاف ثم يستعيد النمو عند توافر الظروف المناسبة .

٧- وجود صفين من الخلايا الهيجروسكوبية على جانبى العرق الوسطى والتى تساعد الورقة على الالتفاف لوقف التبخير عند ارتفاع الحرارة.

أما بالنسبة لمقاومة الحرارة العالية فإنها تتم خلال العمل على خفض درجات الحرارة العالية للورقة أثناء عملية النتح وبالتالي إحداث اتزان بين درجات الحرارة العالية الخارجية وحرارة النبات نفسه.

وفي برامج التربية سواء لإنتاج أصناف أو هجن جديدة خاصة للمناطق الجافة أو شبه

الجافة والتي ترتفع فيها درجات الحرارة فإن إدخال التراكيب الوراثية التي تتميز بوجود هذه الصفات والانتخاب المستمر لمثل هذه العوامل والتراكيب من العوامل المهمة التي ساعدت على إنتاج أصناف السورجم ذات درجة عالية لمقاومة الحرارة العالية والجفاف.

تتطلب برامج العمل في التربية لتحمل الإجهاد الحراري مايلي:

١- تحديد درجات الحرارة التي تسبب ضرراً للنبات ومرحلة النمو التي يحدث عندها الضرر.

٢- قياس تقدير مدى الضرر الحادث.

٣- تقييم عدد كبير من التراكيب الوراثية وانتخاب أفضلها على أن يتم ذلك تحت ظروف محكمة.

ويعتبر العمل في التربية للتحمل للحرارة المرتفعة صعباً للأسباب الآتية :

١- قلة المعلومات عن الأسس الوراثية والفسيولوجية لتحمل الحرارة المرتفعة في النبات.

٢- اختلاف وتضارب مظاهر التحمل للحرارة المرتفعة تحت ظروف الحقل وفي الاختبارات المعملية.

٣- عدم إمكانية التحكم في درجات الحرارة في البيئة الطبيعية.

٤- نقص وعدم كفاءة الاختبارات المعملية الدقيقة لانتخاب المظاهر الفسيولوجية التي تعبر عن تحمل النبات للحرارة المرتفعة.

٥- عدم معرفة المرحلة المناسبة من نمو النبات أو الأنسجة المختلفة التي يمكن اتخاذها كمقياس للانتخاب لتحمل الحرارة المرتفعة.

٦- المعلومات المحدودة عن مدى التباين الوراثي لتحمل الحرارة المرتفعة. هذا مما أدى إلى أن يكون الجهد المبذول للتربية لتحمل الحرارة المرتفعة قليلاً.

التربية لتحمل الحرارة المرتفعة Breeding for heat tolerance

بالرغم من أن الإجهاد المتسبب عن الحرارة المرتفعة يعتبر أحد أسباب نقص المحصول في نباتات المحاصيل الرئيسية، إلا أن المجهودات المبذولة لتحسين تحمل النباتات للحرارة المرتفعة من خلال برامج التربية والانتخاب تعتبر قليلة نسبياً وربما يكون ذلك لأن الضرر في المحصول الناتج من الإجهاد الحراري أقل بالمقارنة بالضرر الناتج عن الأمراض أو الإصابة بالحشرات ، بالإضافة إلى ذلك تعتبر برامج التربية لتحسين تحمل الإجهاد الحراري عملية صعبة لحد ما وذلك نظراً للأسباب التالية:

١- قلة فهم الأسس الوراثية والفسيولوجية التي تؤدي لتحمل النباتات للحرارة المرتفعة.

٢- عدم القدرة على الفصل بين تأثيرات الحرارة وتأثيرات الجفاف على صفات نمو النباتات تحت ظروف الحقل والمعمل.

٣- صعوبة التحكم في درجات الحرارة تحت الظروف البيئية الطبيعية.

٤- القصور في كفاءة ودقة الاختبارات المعملية والتي على أساسها يتم الانتخاب للصفات الفسيولوجية التي تؤدي لتحمل الحرارة المرتفعة بصورة جيدة .

٥- قلة المعلومات المتوافرة عن مدى التباين الوراثي لصفة تحمل الحرارة. وعلى الرغم من ذلك كله فإن الاختلافات الوراثية فيما يتعلق بتحمل الحرارة تكون موجودة في العديد من المحاصيل مثل السورجم والذرة وفول الصويا وغيرها من المحاصيل .

وفي بعض حالات الاختلاف الوراثي ارتبطت مستويات المحصول بمستوى التحمل للإجهاد الحراري، ولكن هناك مزيداً من الحاجة لمعرفة الكثير من المعلومات لتحديد المدى المفيد من التباين الوراثي.

طريقة التقييم لتحمل الحرارة العالية

يصعب التحكم فى درجة الحرارة تحت ظروف الحقل حيث إنه من الصعب فصل تأثير

الحرارة العالية عن تأثير الجفاف تحت الظروف الطبيعية، وفى الغالب يتم التقييم لتحمل درجة الحرارة العالية تحت ظروف يمكن التحكم فيها، كما فى المعامل والصوب أو اعتماداً على بعض الاختبارات المعملية غير المباشرة.

الانتخاب والاختبارات لصفة تحمل الحرارة المرتفعة

١ ـ الاختبارات المعملية

إن عملية الانتخاب لصفة تحمل الحرارة في الحقل تعتبر طريقة غير دقيقة وذلك نظراً لعدم المقدرة على التحكم بدقة في درجات الحرارة المحيطة بالنباتات تحت ظروف البيئة الطبيعية (الحقلية) وصعوبة الفصل بين تأثيرات الحرارة المرتفعة وتأثيرات الجفاف

ولقد أوضحت الدراسات الوراثية أهمية الانتخاب باستخدام طرق الانتخاب المعملية. ولقد تم تلخيص الطرق المختلفة التي أجريت لدراسة مقاومة النباتات للحرارة المرتفعة واستنتج أن أهم تلك الطرق هي قياس الحركة الانسيابية للبروتوبلازم وتثبيط عملية التمثيل الضوئي.

الانتخاب على أساس الاختبارات الحقلية

إذا ما توافرت التصنيفات الوراثية المناسبة مع تكرار الإجهاد الحراري تحت الظروف الطبيعية فإن المربي يمكن الحصول على مكسب وراثي عند الانتخاب تحت الظروف الحقلية.

ومن الأمثلة لحالات الانتخاب الناجحة لتحمل الحرارة في المحاصيل الرئيسية تحت الظروف الحقلية هو ما ذكره Sullivan and ROSS (1970). من أن عشيرة الذرة الرفيعة المنتجة تحت ظروف إجهاد الحرارة في ولايتين فى أمريكا كانت أكثر تحملاً للحرارة المرتفعة مقارنة بعشيرة أخرى مشتقة من نفس العشيرة الأصلية، وأن الانتخاب للصفات المرتبطة لتحمل الحرارة المرتفعة خاصة المحصول العالي أو الحبوب الممتلئة يؤدي إلى عزل تراكيب وراثية متفوقة في سلوكها تحت ظروف الإجهاد الحراري، كما أن الانتخاب على أساس النباتات الفردية

قد لا يكون فعالاً في عزل تراكيب وراثية مرغوبة، ولكن من الممكن تكرار اختبار النسل مما يؤدى إلى زيادة فعالية الانتخاب.

وحيث إن تأثيرات الإجهاد الحراري تتداخل كثيراً مع انخفاض في المحصول أو الأضرار الأخرى الناتجة عن بعض العوامل مثل الجفاف أو نقص التغذية أو الإصابة بالأمراض، لذا فإنه يجب عزل أو تقليل مسببات الإجهادات الأخيرة لتحقيق هدف تحسين التحمل للحرارة .

لذلك تعتبر دراسات الأقلمة التي تجرى على المستوى القومي أو الدولي مهمة جداً في التعرف على الأصول الوراثية المرغوبة، ويصبح ري النباتات على درجة كبيرة من الأهمية خاصة في الفترات التي ترتفع فيها درجات الحرارة لتقليل أثر الإجهاد المتسبب عن الجفاف، كذلك يمكن استخدام المبيدات في مقاومة الآفات التي تصيب النباتات تعتبر أمراً ضرورياً.

التكيف لمواجهة درجات الحرارة غير الملائمة (المرتفعة)

تتوقف الأضرار التي تحدث للمحاصيل نتيجة تعرضها لدرجات الحرارة المرتفعة على درجة الحرارة التي يتعرض لها النبات ومدة تعرضه لهذه الدرجة وسرعة التغير في درجات الحرارة التي يتعرض لها والحالة الفسيولوجية للنبات.

وتكتسب النباتات بعض الصفات التي تزيد من قدرتها على الحرارة المرتفعة ومنها :

١- وضع الورقة:- حيث تأخذ أنصال الأوراق وضعاً رأسياً مما يقلل من التعرض للحرارة.

٢- انخفاض معدل التنفس.

٣- التبكير في النضج.

٤- المحتوى الكربوهيدراتي الكبير للنبات.

٥- نقص سمك نصل الورقة.

٦- زيادة سرعة النتح .

٧- وجود شعر كثيف يغطي الخلايا الحية.

٨- تتميز لون السيقان والأوراق بلون أبيض مما يؤدي إلى انعكاس الأشعة التي ربما تمتص وتتحول لطاقة حرارية .

٩- المحتوى المائي للبروتوبلازم .

هذا ويلاحظ أن معظم العوامل التي تؤدي لزيادة قدرة احتمال النباتات لدرجات الحرارة المرتفعة تؤدي إلى زيادة مقدرة النبات على تحمل الجفاف.

وهناك بعض العمليات التي يجب اتباعها وتوصية المزارعين بها لتنفذ عند الزراعة تحت ظروف الإجهاد الحرارى وهى:

-**العمليات الزراعية السليمة**: والتي قد تساعد على التغلب على الأثر الضار لدرجات الحرارة المرتفعة ومن تلك العمليات الزراعية:

أ- تكرار الري : حيث يؤدي تكرار الري عادة إلى خفض درجة حرارة التربة. ويتم إجراء هذه العملية عند إنبات بذور بعض المحاصيل الحساسة لدرجة الحرارة المرتفعة أثناء الإنبات وذلك عندما تزيد درجة حرارة الطبقة العليا من التربة عن ٣٨°م ، وقد وجد أن إعطاء ريتين خفيفتين يومياً قد يعمل على خفض درجة حرارة التربة إلى مستوى يساعد على إنبات بعض البذور .

ب- التغطية : إن تغطية سطح الأرض ببعض المواد التي تستخدم لهذا الغرض يمكن أن تؤثر على درجة حرارة التربة.

ومن أمثلة هذه المواد بقايا المحاصيل والورق والبلاستيك والحصى وغيرها.

ولقد وجد أن تغطية سطح الأرض بالقش تؤدي إلى خفض درجة حرارة التربة، ويرجع ذلك إلى اعتراض القش للأشعة الضوئية وعدم وصولها للأرض كما أن تغطية سطح الأرض بالقش تؤدي إلى خفض الماء عن طريق البخر . ولقد وجد أن تغطية سطح التربة بالقش عملت

على خفض درجة الحرارة القصوى في مرقد البذور مما أدى إلى زيادة معنوية في نسبة تكشف بادرات القطن وفول الصويا .

جـ- زراعة أصناف مقاومة لدرجات الحرارة غير المناسبة :

لقد وجد أن أصناف القمح المختلفة تختلف في استجابتها للإنبات تحت درجات الحرارة غير المناسبة، ولقد وجد أن الأصناف قصيرة الساق أكثر مقاومة لدرجات الحرارة المرتفعة (٣٥°م) أثناء الإنبات وطور البادرات بالمقارنة بالأصناف طويلة الساق، وكذلك هناك أصناف تعطى محصولاً جيداً تحت ظروف الحرارة المرتفعة مثل جيزة ١٦٠،جيزة ١٦٤ و جيزة ١٦٥ ويتم زراعتها فى مصر الوسطى والعليا.

ولقد وجد Thomason وHarrington أن مقاومة البذور لدرجات الحرارة المرتفعة تزداد عندما تكون درجة الحرارة مرتفعة أثناء تكوين هذه البذور على النبات الأم أو عندما تطول فترة الإضاءة الساقطة على النبات الأم أثناء تكوين ونضج البذور.

ولقد وجد Khan and Land (1969) عند دراستها على محصول القمح أن تعرض النباتات لدرجات الحرارة المرتفعة قبل طرد النورات لمدة تتراوح بين٧ – ١٠ أيام قد أثرت تأثيراً واضحاً على جودة إنبات الحبوب.

وفى الشعير تم استنباط صنف جيزة ١٢٤ يتحمل الحرارة المرتفعة ويزرع فى جنوب الوادى.

الطراز المثالى Ideltype للنباتات المقاومة للحرارة المرتفعة

١- المجموع الجذرى القوى والمتعمق

٢- الكفاءة العالية فى انتقال المواد الغذائية من أماكن التصنيع بالأوراق إلى الأعضاء النباتية.

٣- البروتوبلازم ذو محتوى مائى منخفض.

٤- إنتاج الأصناف القصيرة الساق حيث إنها تكون أكثر مقاومة لدرجة الحرارة المرتفعة عن

الأصناف الطويلة الساق وذلك كما في محصول القمح.

٥- زيادة سرعة النتح.

٦- أنصال الأوراق تأخذ وضعاً متوازيًا مع أشعة الشمس (وضع رأسى)، وهذا يؤدي لنقص درجة حرارة الأنسجة بمقدار من ٣- ٥ °م عن الأوراق الموجودة في وضع عمودي وأن يكون نصل الورقة غير سميك.

٧- وجود طبقة سميكة على سيقان النباتات (طبقة القلف).

٨- مقدرة النبات على زيادة سرعة تكوين الأحماض العضوية أثناء عملية التنفس لتقليل الأثر السيئ للإجهاد الحرارى وهذه الأحماض العضوية تربط N & H_3 في صورة أملاح.

٩- المحتوى الكربوهيدراتي الكبير للنبات وذلك لمقاومة عملية الهدم.

١٠- معرفة العملية الحيوية التي تتأثر بدرجات الحرارة المرتفعة في كل نبات.

١١- أسطح الأوراق والسيقان لونها أبيض حيث إن ذلك يؤدي إلى انعكاس الأشعة ، والتي ربما تمتص وتتحول إلى طاقة حرارية، ومغطاة بشعيرات وزوائد ورقية.

١٢- التفاف الأوراق

١٣- التبكير في النضج.

هذا ويلاحظ أن معظم العوامل التي تؤدي لزيادة قدرة احتمال النباتات لدرجة الحرارة المنخفضة أو المرتفعة تؤدي لزيادة قدرة النباتات على تحمل الجفاف.

الدراسات والأبحاث التي تمت على بعض المحاصيل تحت ظروف الحرارة المرتفعة.

القطن:

أجريت دراسة على تأثير الحرارة المرتفعة وفترة التعرض للحرارة على صفات التيلة والغزل

للقطن المصري على صنفين من القطن المصرى وهما جيزة ٧٥، جيزة ٧٦ وتم استخدام رتبتين من كل صنف .

وقد تم تعريض عينات القطن الشعر المستخدمة في الدراسة لدرجات حرارة ٢٠ ، ٨٠ ، ١٤٠ ، ٢٠٠ دقيقة وفي معاملة أخرى تم تثبيت درجة الحرارة على ٢٠٠ °م وتعريض عينات القطن لفترات ٥ ، ١٠ ، ٢٠ دقيقة . وقد أشارت النتائج إلى أنه كان هناك اتجاه لتزايد درجات الاصفرار في لون القطن بزيادة درجة الحرارة عند التعرض للحرارة لفترة أكبر، ومن ناحية أخرى نتج من هذه المعاملات الحرارية نقص بسيط في طول التيلة ونقص واضح في متانة واستطالة شعيرات القطن وخيوط الغزل وبالنسبة للخواص الكيميائية للقطن فلقد وجد أن المعاملات الحرارية أدت إلى نقص في نسبة الشمع وزيادة في نسبة السكريات المختزلة. ومن هذه الدراسة وجد أن درجة الحرارة تؤثر على النمو والتطور في الموسم المبكر للقطن . حيث تعتبر درجة الحرارة المتحكم الأول في النمو ومعدل التطور في النباتات.

وفي دراسة أجريت بالتحكم فى كل من درجة الحرارة وكمية ثاني أكسيد الكربون منذ ظهور النباتات مباشرة وحتى ٥٦ يومًا من الزراعة، فقد أوضحت الدراسة أن صفات استطالة الساق الرئيسية، نمو مساحة الأوراق، تراكم المادة (Accumulation Biomass) كانت حساسة جداً لدرجة الحرارة بعد ثلاثة أسابيع من انبثاق النباتات (ظهورها) . وقبل هذا الوقت كانت هذه المقاييس أيضاً حساسة نسبياً لدرجة الحرارة. ولقد برهنت النتائج على أن أنسب درجة حرارة لاستطالة الساق ، تمدد مساحة الأوراق، وتراكم المادة كانت عند ٣٠ / ٢٢ °م (نهار – ليل) بينما كان معدل تطور النبات وعقد الأفرع الثمرية (عدد الأفرع الثمرية وعدد العقد الثمرية) لم تكن حساسة لدرجة الحرارة أعلى من ٣٠ / ٢٠ °م (نهار – ليل) كما هو الحال في صفات النمو.

وأشارت النتائج كذلك إلى أن بعض الأفرع الثمرية قد أثمرت عند درجة حرارة ٣٠ / ٢٢ °م (نهار / ليل) مقارنة بدرجات الحرارة ٢٠ / ٢١ °م بينما عدد أكثر من الأفرع الخضرية

أثمرت عند درجات الحرارة المنخفضة.

القمح

وقد درس خير الله وآخرون (٢٠٠١) السلوك الوراثى للتبكير ومحصول الحبوب فى قمح الخبز تحت ميعادى الزراعة العادى والمتأخر وتم حساب أداء ومعامل الحساسية للحرارة وطبيعة فعل الجين ومعامل التوريث التى تتحكم فى صفات التبكير ومحصول الحبوب تحت ظروف الإجهاد الحرارى بمصر العليا، ووجدوا أن هناك تبكيراً فى عدد الأيام من الزراعة إلى التزهير وكذلك النضج الفسيولوجى ونقصاً فى عدد الحبوب / سنبلة ووزن الألف حبة ومحصول الحبوب / نبات. وكان للتأثير الإضافى للجينات دوراً أساسياً فى توريث الصفات المدروسة وكانت درجة التوريث بالمعنى الواسع والضيق عالياً للصفات المدروسة عدا محصول الحبوب/ نبات ووزن الألف حبة تحت ظروف الإجهاد الحرارى.

وذكر المرشدى وآخرون (٢٠٠١) فى دراسات على امتلاء الحبوب تحت مواعيد زراعة مختلفة فى القمح أن هناك اختلافات معنوية بين الآباء والهجن فى الجيل الأول لكل الصفات المدروسة تحت الزراعة العادية والزراعة المتأخرة، وتسبب الإجهاد الحرارى (الزراعة المتأخرة) فى نقص وزن السنبلة الرئيسية وطول فترة امتلاء الحبوب مقارنة بميعاد الزراعة الأمثل وأسرع من معدل امتلاء الحبوب – وأوضحت النتائج أن التأثير الإضافى للجينات كان عالياً ولعب الدور الأساسى فى توريث هذه الصفات، وكانت درجة التوريث بمعناها الواسع عالياً.

وأوضح الصعيدى (٢٠٠٢) عند تقييم التراكيب الوراثية لثلاثة هجن من الشعير لصفات التبكير والمحصول ومكوناته تحت ميعادى الزراعة العادى والمتأخر أن الزراعة المتأخرة (الإجهاد الحرارى) أدت إلى نقص عدد الأيام من الزراعة حتى الطرد وقصر السنبلة ونقص المحصول ومكوناته . وتحكم فى معظم الصفات التباين الوراثى المضيف عدا صفة عدد السنابل.

أعزى محمد وآخرون (٢٠٠٢) إمكانية الاستفادة من ظاهرة قوة الهجين فى الجيل الأول إلى زيادة إنتاجية الطماطم تحت ظروف العروات الحارة فى أسيوط، وقد تم استنباط هجين جديد إسترين - بى × السلالة إتش تى -٢٩٤ (أسيوط ١٥) لإنتاج الطماطم تحت ظروف الحرارة المرتفعة حيث أعطى أعلى إنتاجية للمحصول الكلى وعدد الفروع على النبات ووزن الثمرة ونسبة عقد الثمار وسمك اللحم وعدد الحجرات بالثمرة وطول وقطر الثمرة وهذا الهجين يصلح للاستهلاك الطازج وقد تفوق هذا الهجين على كافة الهجن المستوردة المستخدمة فى الدراسة.

ثانياً: التربية لمقاومة الحرارة المنخفضة:

وهو النوع الثانى من الإجهادات الحرارية حيث تكمن أهمية أثر الحرارة فى تأثيرها على معدل نمو النباتات وذلك خلال مراحل تطورها وإنتاج أوراقها وفروعها والمكونات الأخرى.

ويزيد معدل النمو بسرعة عندما ترتفع الحرارة بين أقل وأمثل درجة حرارة حيث يتطلب كل طور من النمو جداً أدنى من الحرارة المتراكمة قبل أن يتم استكمال هذا الطور وانتقال النبات إلى المرحلة التالية، وبالمثل ينخفض النمو عند درجات الحرارة المنخفضة.

ويختلف تأثير درجة الحرارة المنخفضة على المراحل المختلفة للنبات، فعندما يتعرض نبات قمح مثلاً لدرجة حرارة منخفضة فإنه يظهر شريطاً لونه أخضر خفيف يقطع الأوراق النامية وهذا يدل على حدوث صقيع بدرجة خفيفة، ولكن تختفى هذه الأعراض بصورة عامة بتقدم الأوراق فى العمر.

وقد ذكر Fitter and Hay (1987) عدداً من تأثيرات الحرارة المنخفضة على النبات منها:

(أ) نقص درجة الحرارة عن الحرارة المثلى، يسبب نقصاً في معدل كل من النمو والعمليات الأيضية حيث يتم النمو ببطء. أما إذا انخفضت درجة الحرارة بدرجة كبيرة تسمح بتكون

الصقيع، فإن ذلك يؤدى إلى حدوث ضرر للأنسجة حديثة النمو وكذلك يمكن قتل المجموع الخضرى تحت درجة -٥°م. ويمكن أن يؤدى حدوث الصقيع مرتين متتاليتين أو أكثر تأثيراً ضاراً على مراحل النمو المختلفة وذلك من مرحلة ظهور السنابل ثم طرد المتوك حتى بداية امتلاء الحبوب وبالتالى تؤثر على المحصول. وفى القمح وجد أن الانخفاض فى درجة الحرارة صفر °م على سطح النباتات يكفى لإحداث ضرر كبير. وإذا كان هذا الصقيع قد حدث لمدة يوم واحد فإن ذلك لا يؤدى إلى ضرر شامل للنبات بل يؤثر على الأنسجة الحديثة فقط.وبالنسبة لمعدل التمثيل الضوئى فإن معدله قد يقل، وربما يتوقف النمو لمدة ١-٢ يوم بعد حدوث درجة من الصقيع.

(ب) زيادة طول الفترة الزمنية المطلوبة لإتمام دورة النمو السنوية.

(جـ) انخفاض درجة حرارة نباتات المناطق المدارية وشبه المدارية إلى ما يتراوح بين صفر،١٠°م، يسبب انخفاضاً سريعاً في عمليات الأيض وخاصة التنفس.

(د) الحرارة المنخفضة في عدد من الحالات تسبب تحول الدهون في الأغشية من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة، ويؤدي ذلك إلى فقد نشاط عدد من الإنزيمات المرتبطة بالأغشية.

(هـ) نباتات المناطق المعتدلة لا تتضرر بإجهاد البرد، إلا إذا بدأ تكون الثلج في خارج خلاياها (في المسافات البينية). فمثلاً يتوقف البناء الضوئي تماماً في الأشجار، عندما يبدأ تكون الثلج خارج الخلايا عند درجة حرارة تتراوح بين ٣° م ، ٥ °م، ويرجع التوقف في البداية إلى تأثير الحرارة المنخفضة على العمليات الفيزيائية مثل انتشار CO_2.

(و) جفاف مكونات الخلايا: حيث إن الماء ينتشر من الداخل إلى المسافات البينية التي حدث بها التجمد.

وقد قسم Levitt إجهاد الحرارة المنخفضة إلى نوعين:

١ - إجهاد البرد

يعتبر إجهاد البرد هو عبارة عن تعرض النبات إلى درجة حرارة منخفضة تحدث أضراراً للنبات، ولكنها لا تسبب تجمده. يحدث لمعظم النباتات وبشكل عام إجهاد البرد عند درجة حرارة تتراوح بين أقل من ١٥ °م ،١٠°م وقد تصل إلى الصفر.

تأثيرات إجهاد البرد:

أولاً: التأثير على العمليات الحيوية:

(أ) إن بعض النباتات تظهر عليها بقع متضررة نتيجة موت البروتوبلازم، وتظهر الأضرار في خلال عدة ساعات من التعرض للحرارة المنخفضة.

(ب) توقف حركة السيتوبلازم في الخلايا كما في الشعيرات الجذرية للخيار والطماطم، عند تعرض النبات إلى درجة حرارة ١٠ °م أو ١٢ °م.

(جـ) ظهور البلزمة الكاذبة في بعض الخلايا، كما في طحلب الإسبيروجيرا Spirogyra عند٥ °م، وأن سبب البلزمة الكاذبة هو الزيادة المفاجئة في نفاذية الأغشية، وتسرب المواد المذابة من الخلية.

(د) زيادة نفاذية الأغشية وتسرب المواد من الخلايا، كما في نباتات البطاطس.

(هـ) المجاعة Starvation وذلك نتيجة زيادة معدل التنفس على معدل البناء الضوئي مما يؤدى لحدوث نقص التغذية.

(و) نقص البناء الضوئي، نظراً لتضرر أغشية البلاستيدات الخضراء (عند ١٤°م)، وخاصة بالنسبة للنباتات الحساسة للحرارة المنخفضة.

(ز) تثبيط النقل Translocation حيث يتوقف النقل تماماً كما في نبات قصب السكر وذلك عند درجة حرارة ٥ °م.

(ح) اختلال في التنفس.

(ط)تراكم المواد السامة مثل تراكم نواتج التنفس الهوائي مثل مركب الأسيتلدهيد acetaldehydeوالإيثانول ethanol ويرجع ذلك لتوقف التنفس الهوائي.

(ي) زيادة معدل هدم البروتين على معدل تخليقه، وكذلك تراكم بعض المواد السامة مثل أيون النترات السام.

(ك) الجفاف: ويحدث جفاف للنباتات وذلك لنقص معدل امتصاص الجذور للماء من التربة الباردة ، حيث يحدث ذبول للخيار، والدخان عند انخفاض درجة حرارة التربة إلى درجة أعلى من الصفر المئوي بقليل، ويكون نقص امتصاص الجذور للماء أكثر في النباتات الحساسة لإجهاد الحرارة المنخفضة، ويرجع سبب انخفاض امتصاص الجذور للماء إلى نقص نفاذية الجذور للماء.

من الممكن أن تعيش جميع نباتات المناطق المعتدلة عندما تتعرض إلى إجهاد برودة، في حين تتفاوت نباتات المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية في درجة مقاومتها للبرودة.

ثانياً: تأثير انخفاض درجة الحرارة على مراحل النمو وعلى كمية ونوعية المحصول:

١- يؤثر انخفاض الحرارة إلى ٠,٥ -١°م على موت البادرات لمحصول السمسم – وقد يتحمل محصول القطن درجات الحرارة المنخفضة (٥-١٠°م) لفترة قصيرة – وتؤثر الحرارة المنخفضة على بطء نمو البادرات فى البرسيم.

٢- يؤثر انخفاض الحرارة من ١٢-١٥°م على وقف نمو نباتات السمسم.

٣- يؤثر انخفاض درجة الحرارة على المحصول حيث تؤدى إلى موت بذور الفول السودانى وإذا انخفضت الحرارة إلى ١٢°م يؤدى إلى عدم تكوين الثمار – كما أن تعرض نباتات القرطم إلى درجات حرارة منخفضة عن الصفر المئوى أدى إلى حدوث أضرار كبيرة حيث

كانت الرءوس عقيمة وكذلك الحرارة المنخفضة تؤثر على محصول البرسيم الحجازى، حيث إن انخفاض الحراراة عن ١٠°م يؤدى إلى انخفاض محصول العلف وذلك نتيجة لنقص نشاط البكتريا العقدية، أما إذا انخفضت درجة الحرارة عن صفر °م فإنها تؤدى إلى موت النباتات. كما أن درجة الحرارة المنخفضة تؤدى إلى انخفاض عدد الحشات فى فصل الشتاء.

٤- يؤثر انخفاض درجات الحرارة على جودة المحصول. حيث إن انخفاض الحرارة تؤدي إلى نقص جودة محصول القرطم.

ويرى Levitt أن مقاومة النباتات للحرارة المنخفضة، يكون عن طريق التحمل، وذلك لأن درجة حرارة النبات لا تختلف كثيراً عن درجة حرارة الجو، والأصناف النباتية المقاومة للبرودة لا تحتوي عادة على تراكيب خلوية خاصة تميزها، وتساعدها على تجنب إجهاد البرد.

تحتوي نباتات المناطق الباردة، مثل نباتات المناطق القطبية ومناطق الألب arctic and alpine region على عدد من الصفات المورفولوجية، التي تساعدها على مقاومة الانخفاض الكبير في درجة الحرارة.

وأهم هذه الصفات التي ذكرها Fitter and Hay (1981) هي:

١- طريقة النمو يساعد النباتات على التأقلم مع هذه الظروف البيئية، فهذه النباتات تكون قصيرة قزمية، فمثلاً الشجيرات في المناطق القطبية لا يتجاوز ارتفاعها في الغالب ١٥ سم،وهي ذات سيقان قصيرة وتكثر بينها الأشكال الوسادية الورقية.

٢- حماية الأنسجة النامية والحديثة ، مثل وجود الأفرع، الأوراق الميتة حول البراعم.

٣- تمتاز نباتات الألب بمحتواها المرتفع من الأنثوسيانين، المزيج من هذه الصبغة مع الكلوروفيل يعطيها لوناً أرجوانياً داكناً أو أسوداً وهذا يساعدها على امتصاص أشعة الشمس.

٤- تتميز النباتات الدائمة بارتفاع محتواها من الكربوهيدرات المخزنة في الأعضاء الموجودة تحت التربة، مثل الجذور والريزومات والأبصال، وأنواع أخرى تخزن الدهون.

إن المواد المخزنة تنقل بشكل سريع إلى المجموع الخضري في فصل النمو، لكي تساعد على النمو السريع، وهذا يمكن النبات من الاستفادة القصوى من فصل النمو القصير.

٥- تمتاز هذه النباتات بمقدرتها الفائقة على القيام بالبناء الضوئي في درجة حرارة منخفضة. إن الدرجة المثلى للبناء الضوئي تزداد مع زيادة الارتفاع. أقصى معدل للبناء الضوئي يحدث عند درجة حرارة منخفضة (٧ °م أو ١٠ °م)، وتكون محصلة البناء الضوئي إيجابية عند درجة حرارة ٦ °م.

٦- تأقلم البناء الضوئي لهذه النباتات مع الإضاءة المنخفضة، حيث يصل البناء الضوئى للنباتات التى تنمو تحت إجهاد البرد للتشبع عند شدة إضاءة منخفضة، وخاصة في نباتات المناطق القطبية مقارنة بنباتات الألب.

٢ - إجهاد التجمد

ينشأ إجهاد التجمد من تعرض النبات إلى درجة حرارة منخفضة، تصل لدرجة التجمد. فقد يسبب إجهاد التجمد موت أنسجة النبات. والسبب الرئيسي للموت هو تكون البلورات الثلجية في أنسجة النبات، ويلاحظ أن بعض النباتات من الممكن أن تبرد إلى درجة حرارة أقل من الصفر بعدة درجات مئوية، ولا يحدث لها أضرار، ما لم تتكون البلورات الثلجية في داخل خلايا النبات.

وقد تتكون البلورات الثلجية في خارج الخلايا extracellular أو في داخل الخلايا intracellular، وعادة يرافقه تكون الثلج في خارج الخلايا. ويعزى الموت والضرر عند تكون الثلج في داخل الخلايا، إلى الاختلال في التركيب الطبيعي لمكونات الخلية النباتية، وكذلك قد يرجع إلى تجفيف الخلايا، أو لزيادة تركيز بعض المواد السامة نتيجة التجفيف. إن تكون الثلج

في خارج الخلايا قد لا يسبب موتاً للخلية، ولكن إذا حدث و ماتت الخلية فإن سبب الضرر والموت يرجع بشكل رئيسي إلى تجفيف البروتوبلازم وذلك نتيجة انتقال الماء من داخل الخلية إلى البلورات الثلجية المتكونة في خارج الخلية، وكذلك الضرر والموت قد يرجع نسبياً إلى الضغط الميكانيكي الذي تحدثه البلورات الثلجية على الخلية وقد يرجع الضرر كذلك إلى زيادة تركيز بعض المواد السامة نتيجة التجفيف.

فقد أوضحت أبحاث Iigin (1933) أن ذوبان الثلج في خارج الخلية، يسبب سرعة انتفاخ الجدار الخلوي، مقارنة بانتفاخ البروتوبلازم مما يؤدي إلى موت البروتوبلازم نتيجة التمزق.

وهناك اضرار مباشرة واضرار غير مباشرة نتيجة للتعرض للبرودة:

١ ـ الأضرار المباشرة:

يحدث ضرر مباشر نتيجة لتعرض النباتات لدرجة حرارة منخفضة تصل إلى درجة التجمد وذلك يحدث بشكل فجائى ، حيث إن البروتوبلازم يتجمد وكذلك يتمزق الغشاء البلازمى نتيجة لوجود بلورات ثلجية مما يؤدى إلى فقد البروتوبلازم خاصية النفاذية الاختيارية وبالتالى تموت الخلية نتيجة للتعرض لهذا الإجهاد الفجائى.

٢ ـ اضرار غير مباشرة:

يحدث هذا الضرر بطريقة غير مباشرة ولا يكون ضار على النبات نتيجة للتعرض لهذا الإجهاد حيث يحدث شد مرن - أما إذا طالت فترة التعرض لهذا الإجهاد فقد يتحول الشد المرن إلى شد غير مرن مما يؤدى إلى حدوث ضرر للنباتات وبالتالى يموت.

٣ ـ ضرر ثانوى:

يحدث تأثير على النبات ليس نتيجة لتأثير هذا الإجهاد ولكن يحدث الضرر نتيجة لتأثير إجهاد آخر.

المعاملات التي تؤدي إلى زيادة المقاومة للحرارة المنخفضة

١- عن طريق نقع البذور في محلول نترات البوتاسيوم وفوسفات أحادي البوتاسيوم بنسبة ١,٨٪ لكل منهما لمدة ١-٨ يوم مما يؤدي إلى تحسين الإنبات في درجات الحرارة المنخفضة.

٢- إضافة الكربون المنشط إلى بيئة إنبات البذور يؤدي إلى تحسين الإنبات في درجة حرارة ١٠°م.

٣- تعريض بعض السلالات إلى Ethyl Methan Sulfonate (EMS) وهذه من المواد الكيماوية المطفرة مما يؤدي إلى إطالة فترة مقاومتها للبرودة.

وقد وجد أن هجن السورجم ذات الحبوب الصغيرة تعاني من انخفاض نسبة الإنبات ومقدرة البادرات على اختراق التربة تكون ضعيفة وذلك لانخفاض قوة هذه البادرات، وتجرى الآن الدراسات والأبحاث وذلك بغرض إنتاج أصناف ذات بادرات قوية ومقاومة لدرجة الحرارة المنخفضة عند زراعتها.

الإجهاد تحت ظروف الحرارة المنخفضة:

١- حيث إنه قد أجريت عدة محاولات لانتخاب سلالات مقاومة للحرارة المنخفضة ، بزراعة خلايا سلالات مختلفة تحت درجات الحرارة المنخفضة لمدة ٢١يومًا عند درجات حرارة -٣° م ، ٥° م على الترتيب – وتم أخذ السلالات التي ظلت حية وعرضها مرة ثانية لإجهاد – فلوحظ أن سلالات منها طالت فترة بقائها نتيجة تعرضها إلى Ethyl Methan (EMS) Sulfonate في المرتين السابقتين مما شجع لعزل خلايا السلالات بتعريضها فترة أطول في المرة الثالثة إلى أن تم التوصل إلى سلالتين عاليتين المقاومة وثلاث سلالات أقل مقاومة واستطاع أحد العلماء الحصول على كالاس منهم وأعطت سلالات ناجحة حتى مستوى منخفض من درجات الحرارة – وأصبح لها قدرة عالية على التوريث. هذا إلى جانب عمليات التحول الجيني التي تتم من خلال دائرة التكاثر الجنسي.

٢- كما أجريت دراسات من خلال زراعة الأنسجة والخلايا وإنتاج نسيج الكالاس المقاوم للبرودة على نبات الطماطم (أنواع حساسة للبرودة) تحت درجات حرارة ١٠° م أو أقل حتى أعطت نموات كالاس نشط.

٣- وقد أجريت بعض المعاملات تحت ظروف الحرارة المنخفضة وذلك بعزل البروتوبلاست من نبات الدخان وبعض النجيليات.

٤- وتم أخذ أصناف من البطاطس حساسة وأخرى مقاومة حيث تم تعريضها للصقيع لمدة ١٥ يومًا ، فتم الحصول على كالاس ، وعمل دمج بين البروتوبلاست للحصول على نبات مقاوم للصقيع.

٥- كذلك تم فصل كميات من بروتوبلاست خلايا شجرة الخروب تحت ظروف الحرارة المنخفضة.

التعرف على النباتات المقاومة للحرارة المنخفضة:

توجد بعض النباتات في بيئات تكون التربة فيها مغطاة بالثلج في عدد من شهور السنة، ودرجة حرارة التربة والجو المحيط منخفضة جداً، ومثل هذه النباتات تستطيع أن تعيش في مثل هذه البيئات وهذه النباتات تستطيع أن تقاوم إجهاد الحرارة المنخفضة جداً . من الأسئلة التي من الممكن أن يتم التساؤل عن هذه النباتات هي، هل تستطيع هذه النباتات الحصول على ما تحتاجه من الماء والعناصر المعدنية من التربة المتجمدة مع أنه من المعروف أن الامتصاص يعتمد بشكل كبير على درجة حرارة التربة، ويتوقف الامتصاص عند درجة الحرارة المنخفضة جداً؟ هل أنسجة هذه النباتات متجمدة؟ وإذا كانت غير متجمدة فلماذا لا تتجمد في مثل هذه الظروف؟ هل إنزيماتها من نوع خاص بحيث تستطيع أن تحفز التفاعلات الأيضية عند مثل هذه الدرجات الحرارية المنخفضة؟ مع أنه من المعروف أن لكل إنزيم مدى حرارياً معيناً يتوقف نشاطه خارج هذا المدى الحراري.

* يقوم المربي بدراسة الأسس الفسيولوجية للتحسين الوراثي للنباتات وذلك لإجراء عمليات التربية لزيادة الكفاءة الإنتاجية وتحمل الظروف البيئية القاسية ومن هذه الظروف التربية لتحمل درجات الحرارة المنخفضة.
* جميع صفات النبات المورفولوجية والتشريحية والفسيولوجية هي في الأساس صفات وراثية .
* وقد تحدث تغيرات فسيولوجية أو وراثية معينة في النبات لدى تعرضه لظروف بيئية معينة تجعله أكثر مقاومة للظروف البيئية غير المناسبة.

ويمكن إيجاز الطرق المتبعة في التقييم لتحمل الظروف البيئية القاسية فيما يلي :

١ ـ طرق غير مباشرة:

* وفيها تقييم المحصول في الحقل مباشرة تحت الظروف البيئية القاسية المطلوب التربية لتحملها.
* **وتتميز هذه الطريقة** بالواقعية وكونها عملية لأن المنتج النهائي المرغوب فيه هو المحصول – حيث يؤخذ في الحسبان منذ البداية.
* **ولكن من عيوبها** استنزافها لكثير من الوقت والجهد – وليست دقيقة ولا تفيد في تمييز التراكيب الوراثية التي تتحمل العوامل البيئية القاسية.

٢ ـ طرق مباشرة:

ويتم تقييم المحصول كمايلي:

أ – ومنها إجراء التقييم في المختبرات تحت ظروف متحكم فيها وتسمح هذه الطريقة بالتقييم لصفات معينة ترتبط بالأساس الفسيولوجي للصفة الظاهرة للمربي وهي تحمل الظروف البيئية القاسية – كما تسمح بتمييز التراكيب الوراثية التي تتحمل تلك الظروف.

ب- إجراء التقييم في الصوب : للسيطرة على العوامل البيئية - والتربية في غير المواسم العادية.

جـ- ويهتم المربي بتحسين نوعية البذور من حيث كونها أعضاء التكاثر وبهدف زيادة قدرتها على الإنبات في الحرارة المنخفضة.

د- ويلجأ المربي لاستخدام طرق التربية والانتخاب المناسبة لتحسين صفة تحمل الإجهاد ، وهي مهمة صعبة لحد كبير - ولهذا أصبح من الضروري تطوير طرق التربية التقليدية واستخدام تقنيات حديثة ملائمة بحيث يتكيف النبات مع البيئة غير المناسبة.

هـ- وقد دخلت الهندسة الوراثية وتكنولوجيا زراعة الأنسجة في العقد الأخير كبرنامج تربية واستخدام التهجين الجسمي لنقل صفة المقاومة للبرودة من البطاطس إلى الطماطم (نوع حساس للبرودة) حيث تنتج هجن جسمية عن طريق دمج البروتوبلاست بين الأنواع النباتية التي لاتستطيع التهجين بينها جنسياً.

وعموماً لكي نحصل على نتيجة فعالة ولكي يتكيف النبات مع البيئة فلابد أن نشير إلى دور الوراثة وفسيولوجيا سلوك النبات الكامل أوالمنفصل النباتي (أنسجة أوخلايا) والتطبيقات التي تتم من خلال المعاملات المعملية تحت ظروف الإجهاد ومنها درجات الحرارة المنخفضة.

أهم المميزات التي تساعد النبات على مقاومة درجة الحرارة المنخفضة:

زيادة كمية الأحماض الدهنية غير المشبعة في الأغشية الخلوية، نظراً لانخفاض درجة حرارة تجمدها، مما يساعد الأغشية على الاحتفاظ بحيويتها أثناء إجهاد البرودة Levitt, 1980. يعد انخفاض درجة تجمد العصير الخلوي عاملاً مهماً في مقاومة أضرار التجمد، ويتم ذلك بزيادة تركيز المواد المذابة في العصير الخلوي. كذلك يساعد الكمون والتقسية للحرارة (المنخفضة بتعريض النبات لحرارة منخفضة ٥ °م) في فصل الخريف النباتات على عدم التجمد عند تعرضها لحرارة منخفضة تصل إلى -٤ °م في فصل الشتاء.

الصفات التى يمكن التربية لها الحصول على نبات مقاوم للحرارة المنخفضة

صفات مورفولوجية :

١ ـ وزن الأوراق الطازج :

كلما كان الوزن الورقي أقل كلما كان النبات أكثر تأقلما مع الحرارة المنخفضة. لذا يجب الانتخاب للمجموع الخضري غير الغض للتوصل إلى أصناف أكثر تحملاً للبرودة.

٢ ـ نشاط الإنزيمات :

زيادة نشاط إنزيم البيروكسيديز يؤدي إلى زيادة تحمل البرودة ويتم الانتخاب لهذه الصفة بتحديد الجينات التى تتحكم فى توريثها.

٣ ـ نمو الجذور :

يتم الانتخاب للنبات الذى يعطى جذوراً أطول والتربية لها وذلك لأنه كلما كان النمو الجذري للنبات أطول كلما زادت مقاومة النبات للبرودة.

٤ ـ حجم البذور :

يتم الانتخاب للبذور الصغيرة الحجم لأنها أكثر قدرة وأسرع على الإنبات في الحرارة المنخفضة بالمقارنة بالبذور كبيرة الحجم .

٥ ـ إنبات البذور:

حيث تتميز الأصناف المقاومة للحرارة المنخفضة بأن تنبت بذورها تحت ظروف هذا الإجهاد.

٦ ـ لون البذور :

البذور الملونة أكثر قدرة على الإنبات من البذور غير الملونة وذلك في الحرارة المنخفضة

لأنها أقل عرضة للتعفن في التربة.

٧ - حركة السيتوبلازم الدورانية :

فكلما كانت حركة السيتوبلازم الدورانية سريعة كلما كان النبات مقاوماً للبرودة. ولهذا فإنه يجب الانتخاب للصفات التي تؤثر على حركة السيتوبلازم.

٨ - الضغط الأسموزي للخلايا :

زيادة الضغط الأسموزي للخلايا يؤدي إلى زيادة مقاومة النبات للبرودة.

وبالتالي يتم الانتخاب للنبات ذى المحتوى المائي الأقل الذي يؤدي بدوره إلى زيادة الضغط الأسموزي.

٩ - الأنسجة ذات الخلايا صغيرة الحجم :

وجد أن صغر حجم خلايا الأنسجة يؤدي إلى زيادة مقاومة النبات للبرودة.

١٠ - زيادة الماء غير القابل للتجمد.

١١ - قلة المحتوى المائي الخلوي :

كلما كان المحتوى المائي الخلوي قليلاً نسبياً كلما ازدادت مقاومة النبات للبرودة وهذه الصفة مرتبطة أيضاً بالصفتين السابقتين.

١٢ - محتوى الخلايا من المواد السكرية :

زيادة محتوى الخلايا من المواد السكرية يؤدي إلى زيادة مقاومة النبات للبرودة.

لذا فإنه يجب دراسة العوامل الوراثية التي تؤثر على نسبة المواد السكرية في الخلايا – والانتخاب لهذه الصفة عن طريق تحديد الصفات المظهرية المرتبطة بها.

١٣ - نسبة المادة الجافة :

تزيد مقاومة النباتات لدرجة الحرارة المنخفضة كلما ازدادت نسبة المادة الجافة فى النبات.

وهذه الصفة مرتبطة بالصفة السابقة – حيث يجب الانتخاب لزيادة المادة الجافة.

١٤ ـ بطء معدل تحلل الكلوروفيل أو سرعة تعويضه:

حيث إن بطء معدل تحلل الكلوروفيل يؤدي إلى زيادة مقاومة النبات للبرودة– كذلك فإن سرعة تعويض الكلورفيل المفقود أثناء الليل يمكن تعويضه بسرعة عند التعرض لضوء النهار، لذلك يجب الانتخاب للنباتات ذات التركيز الكلوروفيلي العالي.

١٥ ـ محتوى البذور من الأحماض الدهنية :

قلة نسبة حامض الأوليك وزيادة نسبة حامض اللينوليك في البذور يؤدي إلى زيادة قدرة البذور على الإنبات في الحرارة المنخفضة .

وبالتالي يمكن التربية لهذين الحامضين عن طريق تحديد الجينات المتحكمة في توريثها أو عن طريق marker gene (المعلمات الوراثية) حيث يساعد في الانتخاب لها.

التربية لتحمل الحرارة المنخفضة

وجد أن أفضل وسيلة لانتخاب نباتات تتحمل البرودة هي تعريض النباتات لظروف مماثلة لتلك النباتات المتأقلمة على الحرارة المنخفضة المتمشية مع النظام الحراري السائد في مناطق انتشارها حيث تنخفض الحرارة في تلك المناطق إلى الصفر المئوي ليلاً بينما ترتفع إلى ٢٠°م نهاراً وليس لدرجة حرارة منخفضة ثابتة.

طرق التقييم لتحمل الحرارة المنخفضة :

١ ـ اختبارات القدرة على الإنبات في الحرارة المنخفضة :

حيث يتم قياس قدرة الإنبات مباشرة في درجات الحرارة المرغوبة في المعمل. كما يمكن إجراء التقييم تحت ظروف الحقل في المواسم التي تسود فيها درجات الحرارة المنخفضة مع تسجيل درجة حرارة التربة من الزراعة حتى انتهاء الاختبار، ويكون التقييم الحقلي أكثر واقعية ، إلا أنه ربما لاينجح بسبب التقلبات الجوية التي قد تؤدي إلى اختلاف في معدلات درجات

الحرارة أثناء الاختبار.

٢ - اختبارات النمو في الحرارة المنخفضة وتحمل الصقيع:

يفضل تقدير درجة التحمل أو شدة الحساسية قبل ظهور أيه أعراض يمكن مشاهدتها بالعين المجردة – وبذلك يمكن الإسراع في عملية التقييم مع تجنب احتمالات فقد الجيرمبلازم أثناء الاختبار – ودرجة التحمل هنا لاتعتمد على وصف الأضرار المورفولوجية التي تحدثها البرودة ولكن لابد من توافر وسيلة كمية لتقدير درجة التحمل.

وتجرى اختبارات التقييم لتحمل الحرارة المنخفضة إما مباشرة بقياس معدل النمو النباتي في المجال الحراري المرغوب فيه ، وإما بانتخاب سلالات خلايا Cell Lines من مزارع أنسجة تتعرض لحرارة منخفضة.

وإما بطرق غير مباشرة : تسجل فيها قياسات ترتبط بقدرة النباتات على تحمل البرودة مثل:

أ- الضرر الذي يحدث للأغشية الخلوية لدى تعرضها للبرودة حيث تزداد نفاذيتها وتسرب الأيونات منها – ومن الأنسجة النباتية بمعدلات عالية.

ب- التغيرات الكيميائية التي تحدث في المواد الكربوهيدراتية ، والأحماض الأمينية والـ ATP.

جـ- الزيادة في الأحماض الدهنية غير المشبعة.

د – التغيرات التي تحدث في الكلوروفيل.

٣ - اختبارات القدرة على العقد في الحرارة المنخفضة :

تجرى من خلال أربعة محاور :

أ- قياس نسبة العقد الطبيعي في ظروف الجو البارد الذي تنخفض فيه درجة الحرارة إلى مستوى لايناسب عقد الثمار.

ب – قياس كمية وحيوية حبوب اللقاح الناتجة تحت ظروف في الحرارة المنخفضة .

جـ– إحداث العقد بحبوب اللقاح التي تتحمل الحرارة المنخفضة ، بإنتاجها في حرارة منخفضة ثم استخدامها في تلقيح أزهار النباتات المرغوب فيها في حرارة منخفضة.

د– قياس قدرة الثمار على العقد البكري في ظروف الحرارة المنخفضة غير المناسبة للعقد الطبيعي.

التقدم فى التربية لتحمل ظروف الحرارة المنخفضة

١ ـ البرسيم الحجازى:

تختلف أصناف البرسيم الحجازى المختلفة فى العالم حسب مقاومتها للبرودة والأمراض ولون الأزهار، وهناك مجموعات مثل البرسيم العربى Arabian group ومجموعة بيرو Peruian group لا يتحملان البرودة بينما مجموعة التركستان Turkestan group والمجموعة المبرقشة أو المخططة Variegated group يتحملان البرودة، وقد تم استنباط المجموعة المبرقشة أو المخططة عن طريق التهجين بين البرسيم الحجازى *M. sativa* ذو الأزهار الأرجوانية مع *M. faleata* ذو الأزهار الصفراء وهذه المجموعة شديدة المقاومة للبرودة.

وأمكن أيضاً تقسيم أصناف البرسيم الحجازى حسب تحملها للبرودة إلى:

١– أصناف غير مقساة Non hardy

٢– أصناف متوسطة التقسية Intermediate hardy

٣– أصناف مقساة Hardy varieties

٢ ـ القمح

وجد أن القمح *T. spelta* يوجد منه طرازان هما ١– الطرز الشتوية. ٢– الطرز الربيعية وهو مقاوم نسبياً للبرودة ويحمل الجين qq فى حالة متنحية على الكروموسوم 5A. وعموماً فإن أصناف القمح تختلف فى تحملها لدرجات الحرارة المنخفضة وتهيئتها للإزهار وأمكن إجراء عملية الارتباع لحبوب القمح وذلك بتعرضها لدرجات حرارة منخفضة من ١–٣ °م بشرط أن

تكون رطوبة الحبوب بين ٥٠-٧٠٪ ولمدة ٢٥-٦٨ يوماً.

٣ ـ العدس

أمكن استنباط أصناف من محصول العدس مقاومة للبرودة وذلك عن طريق استخدام الأصناف المستوردة من أفغانستان كأصول وراثية.

٤ ـ الفول البلدى

وجد أن هناك ارتباطًا بين صفة المقاومة للبرودة وصفات نباتية أخرى مثل محتوى الأنسجة من المادة الجافة، ومعدل تكشف الأنسجة النباتية، وعدد الأفرع ويفضل محصول الفول الجو المائل للبردوة ، ولكن البرودة الشديدة أو الصقيع يؤثران عليه تأثير سيئاً ، وتتباين التراكيب الوراثية المختلفة فى القدرة على تحمل البرودة. ويمكن الحصول على تراكيب وراثية مقاومة للبرودة باستخدام الطفرات.

٥ ـ الكانولا:

الطرز الشتوية لمحصول الكانولا تحتاج إلى درجات برودة منخفضة خاصة فى أطوار النمو الأولى ولا يلائمها الجو فى مصر – أما الطرز الربيعية فإنها تزرع فى مصر فى الموسم الشتوى *B. napus*.

٦ ـ البيقية: Vetch

وجدت أنواع برية من نباتات البيقية *Vicia spp* تتحمل درجات الحرارة المنخفضة وتسلك سلوك المحاصيل المعمرة تحت هذه الظروف وتسمى البيقية الطائر.

بعض نتائج البحوث التطبيقية تحت ظروف الحرارة المنخفضة:

أجرى محمد وآخرون (٢٠٠٢) تجربة بغرض دراسة عقد الثمار والمحصول لسلالة طماطم "أيه أس أس –٢٣" ، وهجين " إس إكس ٢٣" الناتج بالتهجين بين (سلالة أيه إس إس –٢٣ × الصنف سوبر مارمند) وذلك تحت ظروف درجات الحرارة الباردة ليلاً وحدوث الصقيع .

وقد أظهرت النتائج أن السلالة أيه إس –٢٣ أعطت محصولاً يعادل محصول الصنف سوبر مارمند ، وتفوق الهجين إس إكس ٢٣ على أبويه فى قوة الهجين لصفة المحصول بـ ٣٥ ٪، ومتوسط وزن الثمرة ، وتفوق أيضاً على الهجن المستوردة فى المحصول وفى صفات الثمرة.

درس حمادى وآخرون (١٩٩٩) أثر السايكوسيل فى تحمل نباتات الطماطم المكشوفة للبرودة فى صحراء النجف وقد أظهرت النتائج أن الرش بالسايكوسيل (٤٠٠ مليجرام/ لتر) أدى إلى زيادة فى قطر الساق/ نبات وعدد أوراقه وفروعه والوزن الجاف للمجموع الخضرى ومحتوى أوراقه من الكلوروفيل الكلى وزيادة فى أعداد النورات والبراعم الزهرية والأزهار المتفتحة والعاقدة التى يحملها النبات مقارنة بغير المرشوشة والنامية تحت ظروف البرودة نفسها.

درس بدر (٢٠٠٣) توريث طبيعة توريث مقاومة البرودة فى الطماطم ووجد أن المستوى العالى من المقاومة للبرودة سائدة سيادة جزئية على المستوى المنخفض من المقاومة، ووجد أن نسبة عقد الثمار المنخفضة كانت سائدة سيادة جزئية على نسبة العقد العالية تحت ظروف الجو البارد. وقد وجد أن هناك علاقة موجبة معنوية بين مقاومة المجموع الخضرى للبرودة والمحصول الكلى للنبات لبعض الهجن النوعية، ووجدت علاقة موجبة عالية المعنوية بين مقاومة المجموع الخضرى للبرودة والمحتوى الكيماوى للمجموع الخضرى من كلورفيل أ،ب – الكاروتينات الكلية – السكريات المختزلة – السكريات غير المختزلة – السكريات الكلية وكذلك وزن الثمرة وعدد ثمار النبات وطول وقطر الثمرة على المحصول الكلى للنبات تحت ظروف البرودة.

المراجع

المراجع

أولاً: المراجع العربية

أحمد عبد المنعم حسن(١٩٩٥)- الأساس الفسيولوجي للتحسين الوراثى فى النباتات (التربية لزيادة الكفاءة الإنتاجية وتحمل الظروف القاسية) المكتبة الأكاديمية.

التربية لأقل مدخل. البرنامج القومى للبحوث الزراعية – معهد بحوث المحاصيل الحقلية – مركز البحوث الزراعية.

القمح المروى إدارة محصولك – منظمة الأغذية والزراعة بالأمم المتحدة ٢٠٠١. هاورد إم راوسن.

بدر جابر (٢٠٠٠) الإجهاد الرطوبى (الجفاف) وعلاقته بالأطوار الفينولوجية للنبات. الدورة التدريبية حول تربية محاصيل القمح والشعير لتحمل الإجهادات البيئية ومقاومة الأمراض – جامعة الدول العربية المركز العربى لدراسات المناطق الجافة والأراضى القاحلة ACSAD –الجزائر ٢٢-٢٧/ ٤/ ٢٠٠٠.

ابن العريبى مصطفى ، مالكى سميرة و شايب غنية (٢٠٠١) . هل يعتبر البرولين مؤشرًا لفرز الأصناف المحتملة للجفاف. مؤتمر التكنولوجيا الحيوية الأول – جامعة عين شمس ٢٢-٢٤ ديسمبر ٢٠٠١.

جمال الدين محمد صادق ، سعد على زكى محمود (١٩٦٧). الميكروبيولوجيا التطبيقية – الطبعة الثانية – مكتبة الأنجلو المصرية – القاهرة.

حسين غروشة ، فرشة عز الدين ، مبارك باقة (٢٠٠٣) . استجابة نمو محصول القمح النامى تحت الظروف الملحية لمنظمات النمو (أندول حامض الخليلك ، حامض الجبرلليك، الكينيتي) ، سواء نقعاً لبذور القمح قبل الزراعة أو رشها على المجموع الخضرى للنبات. المتمر السورى الأول و الزراعة والغذاء فى الوطن العربى – المعوقات وآفاق المستقبل جامعة المنيا ٨-١٠١ ديسمبر (٢٠٠٣)

رفعت محمد هلال (١٩٩٤) . تربية محاصيل الخضر تحت الظروف البيئية المغايرة . جامعة عين شمس – المكتبة الأكاديمية.

رمضان على الرفاعى ، السيد حامد الصعيدى (٢٠٠٢). محاضرات فى أسياسات زراعة المحاصيل – جامعة طنطا. الزهراء للطباعة والتجليد.

رمضان على الرفاعى ، السيد حامد الصعيدى (٢٠٠٢). محاضرات فى إنتاج المحاصيل الحقلية الشتوية – جامعه طنطا – الزهراء للطباعة والتجليد.

رمضان على الرفاعى ، السيد حامد الصعيدى (٢٠٠٢). محاضرات فى إنتاج المحاصيل الحقلية الصيفية – جامعه طنطا – الزهراء للطباعة والتجليد.

سعد على زكى محمود، عبد الوهاب محمد عبد الحافظ ، محمد الصاوى مبارك (١٩٨٨). ميكروبيولوجيا الأراضي – الطبعة الأولى – مكتبة الأنجلو المصرية – القاهرة.

سعيد أبو زيد جنيدى ، محمد حسين حجازى (٢٠٠١). حقائق البحث والتطبيق فى تغذية النبات – الطبعة الأولى – الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة.

سليم بصل ، بدر جابر (٢٠٠١). تربية محاصيل الحبوب (قمح وشعير) من أجل المقاومة للإجهادات البيئية . الدورة التدريبية المحلية حول تطوير برامج التربية لاستنباط أصناف من القمح والشعير متحملة للملوحة والجفاف.

صفية أبو سمرة ، غازى الكركى (١٩٩٩). انتخاب أصناف من القمح لتحمل الملوحة على مرحلتين من النمو . البحث العلمى فى خدمة التنمية الزراعية ٢٧-٢٩ إبريل ١٩٩٩. جامعة مؤتة – كلية الزراعة – الكرك – الأردن.

طالب أحمد عيسى ، داود سلمان حمد (١٩٩٩). استجابة فول الصويا إلى الملوحة. المؤتمر الزراعى العلمى الثالث " البحث العلمى فى خدمة التنمية الزراعية" ٢٧-٢٩ أبريل ١٩٩٩. كلية الزراعة – جامعة مؤتة- الكرك – الأردن.

طلعت البشبيشى ومحمد أحمد شريف (١٩٩٨). أساسيات فى تغذية النبات – دار النشر للجامعات – مصر.

عبد الحميد أحمد حسانين. فسيولوجيا المحاصيل. قسم المحاصيل – كلية الزراعة – جامعه الأزهر.

عبد الحميد حسن سالم (١٩٩٤). تربية المحاصيل ذاتية ومشتركة الإخصاب- دار النشر بجامعة الزقازيق.

عبد الرحمن المشيلح، محيى الدين قواس، رضا شاهين (١٩٩٩). التأثير المتلازم لبعض منظمات النمو والملوحة على إنبات الخريزة (الساليكورنيا). البحث العلمى فى خدمة التنمية الزراعية ٢٧-٢٩ إبريل ١٩٩٩. جامعة مؤتة – كلية الزراعة – الكرك – الأردن.

عبد الرحمن محمد المشيلح (٢٠٠٣) دراسة إضافة الكالسيوم لتقليل الإجهاد الملحى لمياه الرى لإنتاج البطاطس. المؤتمر المصرى السورى الأول- الزراعة والغذاء فى الوطن العربى – المعوقات وآفاق المستقبل ٨-١١ ديسمبر ٢٠٠٣.

عبد الرحيم أحمد عبد الرحيم (١٩٩٩) تأثير إجهاد رطوبة التربة على نقص بعض المقاييس الوراثية والفسيولوجية فى القمح السداسى. المؤتمر الزراعى العلمى الثالث " البحث العلمى فى خدمة التنمية الزراعية" ٢٧-٢٩ إبريل ١٩٩٩– كلية الزراعة – جامعة مؤتة- الكرك – الأردن.

عبد العظيم أحمد عبد الجواد (٢٠٠٣). الزراعة المطرية وتنمية سيناء- المؤتمر الدولى العاشر لعلوم المحاصيل ٧-٩ أكتوبر ٢٠٠٣-كلية العلوم الزراعية البيئية بالعريش.

عبد الوهاب محمد عبد الحافظ ، محمد الصاوى مبارك (١٩٩٦). الميكروبيولوجيا التطبيقية – الطبعة الأولى – مكتبة الأنجلو المصرية – القاهرة.

على بن عبد المحسن الهلال (١٩٩٧). فسيولوجيا النبات تحت إجهادى الجفاف والأملاح. جامعة الملك سعود – النشر العلمى والمطابع.

غازى الكركى (١٩٩٩). الإنتاج وعلاقته بالمراحل الفينولوجية لأصناف من البازلاء تحت الظروف المطرية فى شمال الأردن. المؤتمر الزراعى العلمى الثالث " البحث العلمى فى خدمة التنمية الزراعية ٢٧-٢٩ إبريل ١٩٩٩ . جامعة مؤتة – كلية الزراعة – الكرك – الأردن.

فاضل حمادى ، جمال عباس ، ثامر مرزة (١٩٩٩) . أثر السايكوسيل فى تحمل نباتات الطماطم المكشوفة للبرودة فى صحراء النجف – العراق. البحث العلمى فى خدمة التنمية الزراعية ٢٧-٢٩ إبريل ١٩٩٩ . جامعة مؤتة – كلية الزراعة – الكرك – الأردن.

مجاهد ، أحمد محمد ، محمد عبدو العودات ، عبد السلام محمود عبد الله ، عبد الله بن محمد الشيخ ، عبد الله بن يحيى باصهى (١٩٨٧). علم البيئة النباتية. عمادة شئون المكتبات، جامعة الملك سعود ، الرياض ، المملكة العربية السعودية.

محمد عادل جودة، بدر جابر (٢٠٠١) . أثر آليات الإجهاد الملحى على محاصيل الحبوب وأنماط تحملها. الدورة التدريبية المحلية حول تطوير برامج التربية لاستنباط أصناف من القمح والشعير متحملة للملوحة والجفاف القاهرة ١٩-٢١/ ١١/ ٢٠٠١. جامعة الدول العربية – المركز العربى لدراسات المناطق الجافة والأراضى القاحلة.

محمد محمود شعبان (٢٠٠٣). تغذية النبات فى الميزان – نقص العناصر المغذية وزيادتها ومـردود ذلك على المحصول وصحة الإنسان. مجلـة إشراقـة. مجلـة تهـتم بالثقافـة الزراعيـة– مارس ٢٠٠٣.

مصطفى كمال أبو الدهب (١٩٦٥). البكتريا- الطبعة الأولى – دار المعارف – القاهرة.

منـى مكـرم شـحاتة (١٩٨٩). تـأثير الملوحـة عـلى نباتـات بنجـر الـسكر. رسـالة دكتـوراه – جامعة القاهرة.

نبيل دوله (٢٠٠١). بحث عن تأثير درجـة الحـرارة المرتفعـة والتربيـة لتحمـل درجـة الحـرارة المرتفعة. جامعه الأزهر – كلية الزراعة – قسم المحاصيل.

نبيل دوله . بحث عن الأضرار التى تسببها الملوحة على كل من مرحلة الإنبات –النمو الخضرى والنمو الثمرى لمحاصيل الحقل المختلفة. جامعـة الأزهـر – كليـة الزراعـة – قـسم المحاصيل مادة رقم ٢٢٨.

يحيى خليل شخاترة ، عمر الكفاوين و سلفاتورى تـشكرلى (١٩٩٩). تقيـيم لـبعض سـلالات الـشعير لتحمـل الجفـاف فى الأراضى قليلـة الأمطـار فى الأردن. المـؤتمر الزراعـى العلمى الثالث "البحث العلمى فى خدمة التنمية الزراعية" ٢٧-٢٩ إبريل ١٩٩٩– كلية الزراعة – جامعة مؤتة– الكرك – الأردن.

ثانياً: المراجع الأجنبية

REFERENCES

Abd El-Fattah, F. K., El-Kholy, M.H. and Hegazy, M.H. (1999). Response of rice yield to Azola and inoculation with BGA under different levels of phosphorus fertilization. J. Agric. Sci., Mansoura Univ., 24 (6): 3145-3155.

Abd El-Gawad, A.A., Khalil, A.H., Abd El-Gawad, M.A. and Abd El-Mabood, M.Sh. (1998). Evaluation of certain wheat varieties under rainfed conditions. II-Characteristics of source capacity. Proc. 8th Conf. Agron., Suez Canal Univ., Ismailia, Egypt, 28-29 Nov. 1998: 43-47.

Abd El-Ghani, A.M. and Awad, A.M. (1999). Adaptation of some wheat genotypes to nitrogen deficiency under new lands conditions. Proceed. First Pl. Breed. Conf. December 4,1999 (Giza). Egypt. J. Plant Breed. 3: 89-99.

Abd El-Moneim, A.M. and Ammar, S.El.M.M. (1998). Evaluation of some barley genotypes under rainfed condition in North Sinai. Proc. 8th Conf. Agron., Suez Canal Univ., Ismailia, Egypt, 28-29 Nov.1998.122-129.

Abdel-Mawly, S.A. and Aboul-Nasr, M.H. (2004). Application effects of some organic manures on certain soil properties and productivity of tomato plants grown on a sandy soil irrigation with saline water under greenhouse conditions. The sec int. Conf. For Develop. And the Env. In the Arab World, March, 23-25, 2004. Assiut Univ. Center of Environ. Studies, Egypt.325-338.

Abdulhamid, I.(2002). The influence of water salinity on germenation and earley vegetative growth in some maize cultivars (*Zea mays* L.). The 3rd scien. Conf of Agric. Sci. Assiut, 20-22 Oct. ,2002: 11-27.

Abou-Khadrah, S.H., Mohamed, A.A.E., Gerges, N.R. and Diab, Z.M. (2002). Response of four sunflower hybrids to low nitrogen fertilizer levels and Phosphorine biofertilizer. J. agric. Res., Tanta Univ., 28 (1): 105-118.

Abou-Khadrah, S.H. and Mohamed, A.A.E. (2002). Response of faba bean Rhizobium, VA-Mycorrhizal and Phosphorine inoculation under starter doses from nitrogen fetilization. J. Adv. Agric. Res., 7 (4): 841-851.

Abu Samra, W. and Al-Karaki, G. (1999). Screening wheat cultivars for .salt tolerance at two stages

Acevedo, E., Fereres, E, Hsiao, T. C. and Henderson, D. W. (1979). "Diurnal growth trends, water potential and osmotic adjustment of maize and sorgham leaves in the field." Pl. Physiol. 64: 474-480.

Afiah, S.A.N. and Darwish, I.H.I. (2003) . Response of selected F_5 bread wheat lines under abiotic stress conditions. Third Pl. Breed. Conf. April 26, .2003 (Giza). Egypt. J. Plant Breed. 7(1): 181-193

Afiah, S.A.N., Abd El-Maaboud, M.Sh. and Hassan, A.I. (2001). Performance of some local and introduced barley genotypes under salinity stress conditions of Rar-Sudr. The second Pl. Breed. Conf., October. 2, 2001(Assiut Univ): 167-179.

Akintoye, H. A., Kling, J. G. and Lucas, E. O. (1999). N-use efficiency of single, double and synthetic maize lines grown at four N levels in three ecological zones of West Africa. Field Crop Res., 60 (3): 189-199.

Akintunde, A. Y., Obigbesan, G. O. and Kim, S. K. (1993). Nitrogen-use efficiency and grain yield as influenced by nitrogen fertilization and hybrid maize varieties in selected agro-ecological zones of Nigeria. In: Faorede, M. A. B., Alofe, C. O., Kim, S.K. (Eds.), Maize Improvement, Production and Utilization in Nigeria, Adesanuri Press, Ile-Ife, Nigeria,: 119-124.

Albert, R. (1975). "Salt regulation in halophyte." Ecologia (Berl.) 21:57-71.

Al-Hakimi, A.M.A. (2004). Counteraction of drought stress on maize plants by soaking grains in calcium chloride. The sec int. Conf. For Develop. And the Env. In the Arab World, March, 23-25, 2004. Assiut Univ. Center of Environ. Studies, Egypt. 423-434.

AlMoshileh, A., Shahim , R.R. and Kawas, M.M. (1999). Combined effect of some growth regulators and salinity on germination of

salicornia.

Al-Naggar, A.M, El-Lakany, M.A., El-Nagouly, O.O., Abu-Steit, E.O. and El-Bakry, M.H. (1999). Studies on breeding for drought tolerance at pre- and post-flowering stages in grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moech). First Pl. Breed. Conf. December 4,1999 (Giza). Egypt. J. Plant Breed. 3: 183-212.

Al-Rahmani,H.F.K., Al-Mashhadani, S.M. and Al-Delemee, H.N., (1997). Plasma membrane and salinity tolerance of barley plants . Mu'Tah. J. For Research and studies. 12(1):299-321.

Al-Redhaiman, K.N. (2004). Nitrate and its impact on the environment. The sec int. Conf. For Develop. And the Env. In the Arab World, March, 23-25, 2004. Assiut Univ. Center of Environ. Studies, Egypt.71-82.

Araus, J.L., Slafer, G.A., Reynolds, M.P. and Royo, C. (2000). Plant breeding and drought in C_3 Cereals. Wheat should we breed for? Ann Bot (lond) Junne:89 Spec.No. :924-940.

Asana,R.D. and Kale, V.R. (1965). A study of salt tolerance of four varieties of wheat. Indian J. Pl. Physiol. 8:5-22.

Asseng, S.J.T., Richie, A.J.M., Smucker,A. and Robertson, M.J. (1998). Root growth and water uptake during water deficit and recovering in wheat. Plant and Soil 201: 265-273.

Austin,R.B. (1989). Prospective for improving crop production in stressful environments. In H.G. Jones, T.G. Flowers and M.B. Jones (Eds) " Plants under stress"; PP. 235-248. Cambridage Univ. Pr. Cambridge.

Badr, L.A.A.(2003). Inheritance and nature of cold tolerance in Tomato. Third Pl. Breed. Conf. April 26, 2003 (Giza). Egypt. J. Plant Breed. 7(1)::285-303.

Ball,M.C. and Farguhar, G.D. (1984). Photosynthesis and stomatal response of the grey mangrove,*Avicennia marina* to transient salinity condition. Pl. Physiol. 74 :7-11.

Banziger,M., Lafitte, H.R. (1997). Efficiency of secondary traits for improving maize for low-nitrogen target environments. Crop Sci. 37:1110-1117.

Barbour, M. G. (1970). "Germination and early growth of the strand plant Cakile maritime." Bull. Tott. Bot. Club. 97:13-22.

Benlaribi, M. and Morghem, R. (2003). Utilization of the proline accumulation for as molecular in dicatory for screening the genotypes of durum wheat tolerant for drought. First Egyptian & Syrian Conf. El-Minia Univ. & Al-Baath Univ. on Agriculture & Food in the Arab World. El-Minia :8-11 December 2003.

Benlsmail, M.M. and Attawell, I.A. (2004). The effect of saline water on citrus trees budded in five rootstocks. The sec int. Conf. For Develop. And the Env. In the Arab World, March, 23-25, 2004.

Assiut Univ. Center of Environ. Studies, Egypt.227-234.

Bertin, P., Charcosset, A., Gallais, A. and Tsaftaris, A. S. (1997).Physiological and genetic bases of nitrogen use efficiency in maize. Proc. of the XVIIth conf. on genetics, biotechnology and breeding of maize and sorghum held at Thessaloniki, Greece, 20-25 October 1996: 59-64.

Blum, A.(1988). Plant breeding for stress environments. CRC Press. Boca Raton. F_1.

Blum, A.(1989). Breeding methods for drought resistance. In H.G. Jones, T. Jflowers, and M. B. Jones (Eds). Plants under stress: 197-215. Cambridge Univ. Pr., Cambridge.

Blum, A.(2003). Drought stress and its impact . http://www.Plantstress.com.

Blumenthal-Goldschmeidt, S. and Poljakoff-Mayber, A. C. (1968). "Effect of substrate salinity on growth and on submi-croscopic structure of leaf cells of Atriplex halimus L." Aust.J.Bt., 16:469-478.

Boyer , J.S. (1970). "Leaf enlargment and metabolic rates in corn, soyabean and sunflower at various leaf water potential." Pl. Physiol. 46: 236-239.

Boyer, J.S. and Bray, E.A.(1988). "Drought and ABA- induced changes in polypeptide and mRNA

Bradford,K.J. and Hsiao, T.C. (1982). "Physiological responses to moderate water stress." In Lange, O.L., Nobel, P.S., Osmond, C.B. and Ziegler, H. (Eds). Phys. Plant Ecology II Water Relation and carbon assimilation. Ensyclopida of plant Phys. Spring Velly Berlin, PP. 264-323.

Bray, E. A. (1988). "Drought and ABA- induced changes in polypeptide and mRNA accumulation in tomato leaves". Pl physiol., 88:1210-1214.

Byrne,P.F., Bolanos, J., Edmeades, G.O. and Easton, D.L. (1995). Grains from selection under drought versus multilocation testing in related tropical maize populations. Crop. Sci., 35:63-69.

Carter, D. L. (1975). "Problems of salinity in agriculture". In Poljakoff-Mayber, A.and Gale, J. (Eds.) Plants in Saline Environments": Springer-Varalg, pp. 25-35. Berlin.

Cerda, A., Caro, M. and Fernandez, F. G. (1982). "Salt tolerance of two pea cultivars".Agr. J., 74: 796-798.

Chaudhuri, 1.1. and Weibe, H. H. (1968). "Influence of calcium pretreatment on wheat germination on saline media". Plant soil 18:208-216.

Cho, Y.S., Kobata, T. , Kobayasi, K. and Emaki, T. (1996). Typical increases. of nitrogen use by top dressing to low fertilized rice (*Oryza sativa* L.). The 2nd Asian Crop Sci. Conf. (2 ND ACSC). Fukui, Japan . August 21-23 ,1995: 390-391.

Christiansen, M.N. and Lewis,C.F. (1982). Breeding plants for less favorable environments. John Wiley & Sons, Inc., N.Y. 459 P.

Clarke, J. M. and Durley, R. C. (1981). "The response of plants to drought Stress." In Simpson, G. M. (Ed). Water Stress on Plants. Paeger Scientific, pp. 89-139.New York.

Craft, A. S. (1968). "Water deficit and physiological processes" In: Kozlouski, T. T.(Ed)water deficit and plant growth Academic Press, pp. 85-133. New York.

Cramer G.R., Alberico, G.J. and Schmidt, C. (1994). Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. Australian Journal of plant physiology. 21(5) 675-692.

Cramer, G. R., Lauchli, A. and Epstein, E. (1986). "Effects of Nacl and CaCl2 on ion activities in complex nutrition solution and root growth of cotton". PI. Physiol.81:792-797.

Dallmier, K. A. and Stewart, C. R. (1992). "Effect of exogenous abscisic acid on proline dehydrogenase activity in maize (Zea mays L.)". Pl. Physiol. 99: 762-764.

Darwish, D.S, Abdalla, M.M.F., Mahmoud , S.A. and Elmarsafawy, T.S. (2003). Investigations on faba beans *Vicia faba* L. 8-Performance of some breeding material in saline affected soils. Third Pl. Breed. Conf. April 26, 2003 (Giza). Egypt. J. Plant Breed. 7(1):347-361.

Daterao, S.H., B.V. Babu, V.L. deshparde and T.R. Sattiwale (1994). Influence of *Rhizobium* and *Rhizobium* plus molybdenum on nitrogen use efficiency and economy in legumes. J. of soils and Crops. 4 (2): 145 - 147.

Daubenmire, R. F. (1974). Plants and environment. 3rd edition, John Wiley & Sons: New York.

Davies, W.J. and Zhang,J. (1991). Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soils. Annual Review of plant phys. And .plant molecular Biology. 42,55-57

Delane, R, Greenway, H., Munns, R. and Gibbs, J. (1982). "Ion concentration and carbohydrate status of the elongating leaf tissue of Hordium vulgar growing at high external NaCl. 1. Relationship between solute concentration and growth" J. Exp. Bot. 33:557-573.

Diallo, A.O., Dangl, Y.D., Dhawan, A.k., Singh, N.N. and Kumar, S. (1996). Morpho-physiological basis for breeding drought and low N tolerant maize genotypes in India. Proc. of a Sym., CIMMYT, El-Batan, Mexico, 25-29. March 1996, part (1):107-111.

Duysen, M. E. and Freeman, T. P. (1974). "Effects of moderate water deficit,(stress) or wheat seedling growth and plastid pigment development". Pl. Physiol. 31:262-266.

Edmeades, G.O., Bolanos, J., Chapman, S.C., Ortage, A., Lafitte, H.R., Fischer, K.S. and Pandey, S. (1997). Recurrent selection under managed drought stress improves grain yield in tropical maize. In: G.O. Edmeades *et al* (ed). Developing drought and low N-tolerant maize. Proc. of a Sym., March 25-29, 1996. CIMMYT, El-Batan, Mexico.

El-Bakery, M.M.I., El-Menshawi, M.M. and Saba, M.F. (2003). The relationship between the stay-green trait and post-flowing drought tolerance in green sorghum genotypes. Third Pl. Breed. Conf. April 26, 2003 (Giza). Egypt. J. Plant Breed. 7(1): 271-283.

El-Ghandour, I.A., Solimam, M.S. and Yheia, G. M. Gala. (2003). Field evaluation of yield and N_2-fixation of Chickpea (*Cicer arietimum* L.) as affected by phosphorus and biofertilizers. First Egyptian & Syrian Conf. El-Minia Univ. & Al-Baath Univ. on Agriculture & Food in the Arab World. El-Minia :8-11 December 2003.

El-Hawary, M.A. and Keshta, M.M. (1998). Evaluation of salt tolerance in some sunflower hybrids. Proc. 8th Conf. Afron., Suez Canal Univ., Ismailia, Egypt., 28-29 Nov.1998:529-534.

Elings, A., Edmeades, G. O., Banziger, M. and Tsaftaris, A. S. (1997). Physiological and environmental conditions when breeding for low input conditions in maize. Proceedings of the XVIIth the conference on genetics, biotechnology and breeding of maize and sorghum held at Thessaloniki, Greece, 20-25 October 1996. 1997, 137-142 (C.F. Computer Search.).

El-Kalla, S.E., Sharief, A.E., Leilah, A.A., Abdalla, A.M. and El-Awami , S.A.K. (2002). Utilization of some Agriculture practices to improve some wheat cultivars productivity . I. Yield and its components. J. Agric. Sci. Mansoura Univ., 27 (10): 6583-6597.

El-Kalla, S.E., Sultan, M.S., Radwan , M.S.and Abd El-Moneam, M.A. (2001). Evaluation of combining ability of maize inbred lines under low and high N.fertilization. The second Pl.Breed.Conf. October 2 (Assiut Univ):139-149.

El-Kholy, M.H., Abido, Y.M.Y. and Nassar, K.E. (1999). Effect of organic manure and nitrogen fertilization on efficiency of blue green algae inoculation in pady fields. Proc. International Symposium on Biological Nitrogen Fixation an Crop Production. Cairo, Egypt, 11-13 May: 169-179.

El-Morshidy, M.A., Hassaballa, E.A., Abou-Elsad, Sh.F. and Abd El-Moula, M.A.(2003). Combining ability type of gene action in maize under favourable and water stress environments. Proceed. Third Pl. Breed Conf. April 26. Egypt. J. Plant Breed. 7(1):55-57.

El-Morshidy, M.A., Kheiralla,K.A.A. and Zakaria, M.M. (2001). Studies on grain filling under different planting dates in wheat. The second Pl.Breed.Conf.October, 2.2001 (Assiut Univ.):241-263.

El-Sayed , S.A.M. (2004). Alleviation of salt stress by selicon added to wheat plants. The sec int. Conf. For Develop. And the Env. In the Arab World, March, 23-25, 2004. Assiut Univ. Center of Environ. Studies, Egypt.313-324.

El-Sayed, A.A. , Noaman, M.M. Asaad, F.A. and El-Sherbiny, A.A.M. (1996). New barley cultivar tolerant to salinity conditions in Fayoum Governorate. Seventh Conf. of Agron. September, 1996. (Mansoura Univ.):

El-Seidy, E.H. (2002). Genotypic evaluation of three wheat crosses for ealiness, yield and yield components under normal and late sowing dates. The 3rd Sci. Conf. of Agric. Sci., Assiut, Oct. 2002:135-149.

El-Seidy, E.H. (2003). A state of the Art on breeding for low input environmental resources. Submitted for the general committee for the promotion of professor in plant production (Agronomy).

El-Seidy, E.H. and Hamada, A.A. (1997). Genetical studies on some economic characters in some "Wheat crosses". Annals of Agric. Sc., Moshtohor: 35(1):49-62.

El-Seidy, E.H. and Kattab., A.B. (2000). Heterosis and combining ability in barley under drough conditions at different growth stages. Proc. 9th Conf. Agron., Minufiya Univ., 1-2 Sept. 2000:167-182.

El-Shimy, O.M., Salem, S.M., Ghallab, A.M. and Darwish, E.M.A. (2003). Physiological and biotechnological studies on some rice cultivars. B-DBA fingerprinting as well as in vitro production of rice plant more tolerance to salinity through EMS treatment.

Epstein E., Norlyn, J.D., Rush, D.W., Kingsbury, R.W., Kelley, D.B., Gunningham, G.A. and Wrona, A.F. (1980). Saline culture of crops: A genetic approach. Science. 210. 399-404.

Eshel, A. (1985). "Response of *Suaeda aeghptiace* to KC1, Nacl and Na2SO4 treatments". Physiol. Plant. 64: 308-315.

Fageria, M.P. and Barbsa Folho (1981). Screening rice cultivars for higher efficiency of phosphorus absorption. Pesq. Agropec. Bras. Brasilia. 16:777-782.

Feigin, A. (1985). "Fertilization management of crops irrigated with saline water".Plant and Soil 89: 285-299.

Fitter, A. H. and Hay, R. K. M. (1981). Environmental physiology of plants. Academic Press, London.

Fitter, A. H. and Hay, R. K. M. (1987). Environmental physiology of plants. Academic Press, London.

Flowers, J. J., Trake, P. F. and Yos, A. R. (1977). "The mechanisms of salt tolerance in halophytes". Ann. Rev. Pl. Physiol. 28:89-121.

Flowers, T. J. (1985). "Physiology of halophytes". Pl. soil. 89: 41-56.

Flowers, T. J. and Yeo, A. R. (1981). "Variability in the resistance of sodium chloride salinity whithin rice Oryza saliva L. varieties." New Phytol. 80: 363-373.

Francis, D.D., Schepers, J.S. and Vigil, M.F. (1993). Post anlhesis nitrogen loss from corn . Agron. J. 85:659-663.

Galal, Y.G.M., El-Ghandour, I.IA., Yousef, K.A.E. and Ebraheem, I.R.M.M. (2003). Effect of soil salinity on performance of barley microbial association. First Egyptian & Syrian Conf. El-Minia Univ. & Al-Baath Univ. on Agriculture & Food in the Arab World. El-Minia :8-11 December 2003.

Gaver, L. E., Grant, C. A., Gele, D. T. and Bailey L. D. (1992). Effects of nitrogen fertilization on grain protein content, nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency of six spring wheat(*Triticum aestivium* L.) cultivars, in relation to estimated moisture supply. Can. J. Plant Sci., 72: 235-241.

Ghallab, K. H. M. (2003). Review Article. Breeding some oil crops for salinity and drought tolerance. Submitted for the general committee for the promotion of associate professor in agronomy.

Ghazi Al-Karaki. (1999). Use of Mycorrhizal fungi technology in agriculture role of fungi in reducing environmental stresses. The third agricultural

scientific conference. "The scientific research in service of agricultural development." April, 27-29. Mu'tah Univ. Karak-Jordan.

Gorham J., Budrewicz, E., McDonell, E. and Wyn Jones, R.G. (1985). Salt tolerance in the Triticeae: Growth and solute accumulation in leaves of Thinopyrum bessarabicum. J. Exp.Bot.36 (168):1021-1031.

Greenway, H. and Munns, R. (1980). "Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes." Ann. Rev. Pl. Physiol. 31: 149-190.

Gupta, U.S. (1975). Physiological aspects of dry land farming. Oxford a IBH publishing Co.

Hafez, A. (2003). Comparison between the effects of adding chemical fertilizers (*Nitrogen + Phosphor*) and bacteria *Bacillus subyilis* Ehr. To wheat crop. First Egyptian & Syrian Conf. El-Minia Univ. & Al-Baath Univ. on Agriculture & Food in the Arab World. El-Minia :8-11 December 2003.

Hanna, A.M., El-Naggar, I.M. and El-Awag, T.I. (1993). Response of *Zea mays* plants to phosphorus fertilization under Mycorrhiza inoculation. Zagazig J. Agric. Res., 20 (2B): 953-965.

Hauka, F.I.A., El-Sawah, M.M.A. and Selim, A.E.I. (1996). Role of phosphate and silicate –solubilization bacteria in the transformation of some micronutrients to available form and the associative effect of these solubilizers and Azotobacter on the growth characteristics and nutrients uptake by plant. Seventh Conf. of Agron. September, 1996 (Mansoura Univ.).

Henckel, P.A. (1964). "Physiology of plants under drought". Ann. Rev. Pl. Physiol. 15:363-386.

Henson, A. D. and Hitz. W. D. (1982). "Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits". Ann. Rev. Pl. Physiol. 33:163-203.

Hochmuth, G.J., Gabelman, W.H. and Gerloff, G.C. (1985). A gene affecting .tomato root morphology. Hort Sci., 20: 1099-1101

Hoffman, G. J. and Jobes, J. A. (1978). "Grwoth and water relations of cereal crops as influenced by salinity and relative humidity". Agr. J. 70: 765-768.

Hoffman, G. J. and Rawlins, S. L. (1970). "Growth and water potential of root crops as influenced by salinity and relative humidity". Agr. J. 63: 877-880.

Hong, R. (1996). Maize breeding for tolerance to low soil fertility and drought in Guizhou Province . Proc. of a Sym., CIMMYT, El-Batan, Mexico, 25-29 March,: 112-115.

Horie, T. (1993). Rice production and the environment. Field and soils (Hojou to Dojoul, 26 (304,305) 111-114. (In Japanese).

Hsiao, T. C. (1973). "Plant response to water stress". Ann. Rev. Pl. Physiol. 24: 519-570.

Huang, C. X. and Stevenick, F. M. V. (1989). "Maintenance of low cl^- concentrations in mesophyll cells of leaf blades of barley seedlings exposed to salt stress". Pl. Physiol. 90: 1440-1443.

Hughes, S.G., Bryant, J.A. and Smirnoff, N. (1989). Molecular biology: application to studies of stress tolerance. In H.G. Jones, T.J. Flowers and M.B.

.Jones (Eds) "Plants Under Stress" 131-155. Cambridge Univ. Pr

Iigin, W.S. (1930). Ueber den Kaltetod der pattanzen und Sein Urachen. Protoplasm . 20: 105-124.I.N.R.A. (1984). Consequences de modifications microclimatiques sur la croissance et le developpement du mais. I.N.R.A. (Institu Nationale pour les Recherches Agronomiques). Agronomie. Centre de recherché de Colmar. 181 p. France.

Ismail, I.A. (2003). Review Article. Breeding wheat for resistance to biotic and abiotc stresses. Submitted for the general committee for the promotion of associate professor in agronomy.

Jacobs, B.C., and Parson, C.J. (1991). Potential yield of maize, determined by rates of growth and development of ears . Field Crop Res., 27:281-298.

Jennings, D. H. (1968). "Halophytes, succulence and sodium, a unified theory," New.Phytol. 67: 899-912.

Joly, R. J. (1989). "Effects of sodium chloride on the hydraulic conductivity of soybean root systems". Pl. Physiol. 91: 1262-1265.

Kameli, A. and Mahdid M. (2002). Contribution of sugars, proline and potassium to osmotic pressure in the growth zone of the maize leaf under water stress 1-10.

Kanampiu, F. K., Raun, W. R. and Johnson G.V. (1997). Effect of nitrogen rate on plant nitrogen loss in winter wheat varieties. J. Plant Nure., 20: 189-404.

Keshta, M.M. and El-Kholy, M.H. (1999). Effect of inoculation with N_2-fixing bacteria, nitrogen fertilizer and organic manure on sunflower. Proc. International Symposium on Biological Nitrogen Fixation an Crop Production. Cairo, Egypt, 11-13 May: 181-187.

Keshta, M.M.(1998). Evaluation of some rapeseed genotypes under normal and stress irrigation treatments. Proc. 8th Conf. Agron., Suez Canal Univ., Ismailia, Egypt, 28-29 Nov.1998. 570-577.

Khairuddin, A.R., Bajuri, K. and Sahalimardi, A. (1996). Evaluation of nitrogen uptake by groundnut and Maize using ^{15}N isotopic tracer technique. The 2nd Asian Crop Sci. Conf. (2 ND ACSC). Fukui, Japan. August 21-23 , 1995: 191-194.

Kheiralla, K.A., El-Morshidy, M.A. and Zakaria , M.M. (2001). Inheritance of earliness and yield in bread wheat under favorable and late sowing dates. The second Pl.Breed.Conf., October ,2,2001(Assiut Univ.):219-239.

Kling, J. G., Keh, S. O. O., Akintoy, H. A., Heuberger, H. T. and Horst, W. J. (1996). Potential for developing nitrogen use efficient maize for low input agriculture system in the moist Savannas of Africa. Proc. of a Sym., CIMMYT, El-Batan Mexico, 25-29 March, 490-501.

Klobus G., Ward, M.R. and Huffaker, R.C. (1988). Characteristics of ingury and recovery of net No3- transport of barley seedlings from treatment of NaCl. Plant Physiol. 87:878-882.

Kozlowski, T. T. (1968). "Water supply and leaf shedding." In Kozlowski, T. T. (Ed.) water deficits and plant growth volum IV. soil water measurement, plant responses and breeding for drought resistance. Academic press, pp. 191-231. New York.

Kuiper, P. J. C. (1968). "Lipidis in grape roots in relation to chloride transport". PL Physiol. 43:. 1367-1371.

Lafitte, H. R. and Edmeades, G. O. (1994). Improvement for tolerance to low soil nitrogen in tropical maize. I- Selection criteria. Field Crop Res., 39: 1-14.

Lafitte, H. R., Edmeades, G. O. and Taba, S. (1997). Adaptive strategies identified among tropical maize landraces for N-limited environments. Field Crop Res., 49 (1): 187-204.

Lafitte, H.R. and Edmeades, G.O. (1994 b). Improvement for tolerance to low soil nitrogen in tropical maize. II-Grain yield, biomass production and N accumulation. Field Crop Res., 39:15-25.

Lafitte,H.R. and Edmeades,G.O. (1995). Maydica (3): Association between traits in tropical maize inbred lines and their hybrids under high and low soil nitrogen . Maydica, 40: 259-267.

Lauchli, A. (1984). "Salt exclusion: An adaptation of legumes for crops and pastures under saline conditions". In, stapler, R. C. and Toenniessen, G. H. (Ed.) Salinity tolerance in plants. John Wiley & Sons, New York. pp. 171-189.

Leopold, A. G. and Kriedemann, P. E. (1975). Plant growth and development, 2th (ed.), McGraw-Hill Company, New York.

Levitt, J. (1980). Response of plants to environmental stresses. Vol. 1, chilling , freezing and high temperature stress. Academic Press, New York.

Levitt, J. (1980). Response of plants to environmental stresses. Vol. 2, water, radiation, salt and other stresses. Academic press, New York.

Levitt, J. (1980). Response of plants to environmental stresses. Vol. 1, chilling , freezing and high temperature stress. Academic Press, New York.

Levitt, J. (1980). Response of plants to environmental stresses. Vol. 2, water, radiation, salt and other stresses. Academic press, New York.

Levitt, J.(1972). Response of plants to environmental stress. Academic Press, New York.

Loveyer, B. R. (1977). "The intracellular location of abscisic acid in stressed and non-stressed leaf tissue." Pl. Physiol. 40: 6-10.

Ma, B. L. and Dwyer, L. M. (1998). Nitrogen uptake and use of two contrasting maize hybrids differing in leaf senescence. Plant and Soil, 199 (2): 283-291.

Mahmoud, A.A. and Gebraiel, M.Y. (2001). Influence of bio-and mineral phosphorus fertilization on corn. Minufiya J. Agric. Res., 26 (2): 519-530.

Mass,E.V. (1990). Crop salt tolerance . In Agric. Salinity A ssessment and Management. Ed. Tanji, K.K., ASCE Manuals & Reports on Engineering . New York P:262-304.

Mc Cullough, D. E., Girardin, P. H., Mihajlovic, M., Aguilera, A. and Tollenaar, M. (1994 a). Influence of N supply on development and dry matter accumulation of an old and new maize hybrid. Can. J. Plant Sci., 74 (3):471-477.

Mc Cullough, D. E., Girardin, P., Mihajlovic, M., Aguilera, A., Tollenaar, M. (1994 b). N uptake, N partitioning, and photosynthetic N-use efficiency of an old and a new maize hybrid. Canadain J. of Plant Sci., 74 (3): 479-484.

Metwally, S. M. and Khamis, M.A. (2003). Ammonium adsorption desorption in saline-sodic soils amended with gypsum and planted to rice.

Miller, J.C., Jr, Scott, L.M. and Fernandez , G.C.J. (1987). Influence of root and shoot on N_2 fixation in cowpea. Hort. Sci. 22:1313-1315.

Miller, J.C., Jr. Zary , K.W. and Fernandez , G.C.T (1986). Inheritance of N_2 fixation efficiency in Cowpea. Euphytica, 35:551-560.

Mohamed, A.A.E. (2003). A State of the art on biofertilizers as a new approach in agriculture. Submitted for the general committee for the promotion of professor in plant production (Agronomy).

Mohamed, F., Mohamed, F. and Shalaby, G.I. (2002). New potential hybrid, "Assiut-15" for production of tomato under adverse high temperature conditions. The 3rd Sci. Conf. of Agric. Sci. Assiut, Oct. 2002:385-392.

Mohamed, F., Mohamed, F. and Shalaby, G.I. (2002).Fruit set and yield of new tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Line "Ass-23" and Hybrid " s x23" under low night temperature conditions. The 3rd Sci. Conf. of Agric. Sci. Assiut, Oct. 2002:393-398.

Mohamed., A.A.E. (2003). Response of sunflower to Phosphoiine and cerealin inoculation under low NP-fertilizer levels. J. Agic. Res., Tanta Univ., 29 (2): 236-249.

Moll, R. H., Kamprath, E.J. and Jackson, W. A. (1982). Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agron. J., 74 (5): 562-564.

Moll, R.H., Kamproth, E.J. and Jackson, W.A. (1987). Development of nitrogen-efficient prolific hybrids of maize. Crop Sci., 27: 181-186.

Mostafa, S.H., Kineber, M.E.A. and Mohamed, A.A.E. (2003). Effect of inocualtion with Phosphorine and Nitrobin on flax yield and some anatomical characters under different nitrogen levels. J. Agric. Sci. Mansoura Univ., 28 (6): 4307-4323.

Munns R., and Termaat, A. (1986). Whole –plant response to salinity. Aust. J. Plant Physiol.13:143-160.

Munns R., Greenway, H. and Kirst, G. O. (1983). "Halotolerant eukaryotes." In Lange, P. S., Nobel, P. S., Osmond, C. B. and Ziegler, H. (Eds). encycolpedia of plant physiology, N. S. Vol. 12C. Physiological plant ecology III. pp. 59-135. Springer-Verlag, Berlin.

Myers, O.,Jr .(1986). Breeding soybeans for drought resistance. Plant Breed. Rev. 4:203-243.

Neumann, P. M., Volkenburch, E. V. and Cleland, R. E. (1988). "Salinity stress inhibits bean leaf expansion by reducing turgor, not wall extensibility." Pl. Physiol. 88:233-237.

Neumann, P. M., Volkenburch, E. V. and Cleland, R. E. (1988). "Salinity stress inhibits bean leaf expansion by reducing turgor, not wall extensibility." Pl. Physiol. 88:233-237.

Nieman, R. H. and Poulsen, L. L. (1967). "Interactive effects of salinity and atmospheric humidity on the growth of bean and cotton plants". Bt. Gaz. 128: 69-73.

Nishio, M.(1990). Soil management in sustainable agriculture. Field and Soils (Hojou to Dojou), 23 (268, 269)15-23.(in Japanese).

Noureldin, Nemat A., El-Gawad, M.E., Hamed, M.F., Abla, H. Nassar and Soha, R. Khalil (2002). Response of some sugar beet varieties to mineral and

bio-fertilization under Egyptian environmental conditions. J. Environ. Sci., 4 (1): 163-187.

Oikeh, S.O.(1996). Dynamics of soil nitrogen in cereal-based cropping systems in the Nigerian savanna. Ph.D. dissertation. Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria (C.F. computer search).

Omar, A.M.(1996). Response of maize crop (*Zea mays* L.) to alar application under saline conditions. J.Agric. res. Tanta, Univ.,22(1):43-53.

Parker, J. (1968). "Drought resistance mechanisms." In Kozlowski, T. T. (Ed.) water deficits and plant growth volume I. development and control measurment. pp. 195-234. Academic press, New York.

Parsons, L. R. and Hoew, T. (1984). "Effects of water stress on the water relations of Phaseolus vulgaris and the drought resistant Phaseolus acutifolius". Pl. Physiol. 60: 197-202.

Peacok,J.M., Mahalaksmi,V. , Ferrara,O.G., Howarth,C.J., Nachit,M. and Hamblin,J. (1994). Temerature tolerance , in cereals: The Indian experience. 158-169. Mexico, D.F., CIMMYT-402. pp.

Peacok,J.M., Mahalaksmi,V., Ferrara, O.G.,Howarth, C.J., Nachit, M. and Hamblin, J.(1994). Temperature tolerance in cereals: The Indian experiences. 158-169. Mexico, D.F., CIMMYT-402 pp.

Poljakoff-Mayber,A. (1975). "Morophological and anatomical changes in plants as a response to salinity stress." In:Poljakoff-Mayber,A. and Gale,J. (Eds). Plants in saline environments. pp. 97-117. Springer-Verlag, Berlin.

Radwan, F.I. (1992). Effect of VAM fungi and phosphorus fertilization on barley growth in calcareous soil. Com. In. Sci. and Dev. Res. No. 585.

Radwan, M.S., El-Kalla, S.E., Sultan, M.S. and Abd El-Moneam, M.A. (2001). Differential response of maize hybrids to nitrgen fertilization. Scond Plant Breed. Conf. 2001:121-137.

Radwan,M.S., Shrief, S.A., Ali, A.A. and Habib, E.M. (2003). Differential response of maize single cross hybrids to moderate N-fertility. Proceed. Third Pl. Breed. Conf. April 26, giza. Egypt. J.Plant Breed 7(1):607-620.

Raun, W.R. and Johanson, G.V. (1999). Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agro. J. 91:357-366.

Rawson,H.M., Zajac,M. and Penrsoe,L. D.J. (1988). Effect of seedling temperature and its duration on development of wheat genotypes differing in vernalization response. Field Crops Res., 57:289-300.

Redman, R.E. (1974). Osmotic and specific ion effects on the germenation of alfalfa.Can.J. Bot.52:803-807.

Rush, d. W. and Epstein, E. (1976). "Genotypic response to salinity. Differences between salt sensitive and salt-tolerant geneotypes of the tomato". Pl. Physiol. 57: 162-166.

Saad, O.A.O., Abdallah, A.R.,E-Dahtory, T.H. and Ali, M.D. (2003). Response of sugar beet to biofertilization . First Egyptian & Syrian Conf. El-Minia Univ. & Al-Baath Univ. on Agriculture & Food in the Arab World. El-Minia :8-11 December 2003.

Saadalla, M.M. (2001). Water use efficiency and its components of wheat genotypes of varying drought tolerance. Annals Agric. Res., Ain Shams Univ., 46(1):85-102.

Sakr, M.T., El-Hadidi, M.S., Abo El-Kheer, A. and Farouk, S.(2003). Structural and physiological studies and oil constituents of canola plants under salinity condition: 2- Effect of some osmoregulators on biochemical constituents in different plant organs of canola under salinity stress. First Egyptian & Syrian Conf. El-Minia Univ. & Al-Baath Univ. on Agriculture & Food in the Arab World. El-Minia :8-11 December 2003.

Sallam,H.A. and Afiah, S.A.N. (1998). Evaluation and screening some wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in relation to cemical constituents under saline conditions . Proc. 8^{th} Conf. Afron., Suez Canal Univ., Ismailia, Egypt., 28-29 Nov.1998:11-18.

Seemann, J. R. and Critchly, C. (1985). "Effects of salt stress on the growth, ion content, stomatal behaviour and photosyn-thetic capacity of a salt-sensitive species, Phaseolus vulgaris L". Planta 164: 151-162.

Seemann, J. R. and Sharkey, T. D. (1986). "Salinity and nitrogen effects on phbtosyn-thesis, ribulose 1,5- biphosphate carboxylase and metabolite pool sizes in, Phaseolus vulgaris L." Physiol. 82:555-560.

Shainberg,I. (1975). "Salinity of soils-effect of salinity on the physical and chemistry of soils". In:Poljakoff-Mayber,A. and Gale,J. (Eds). Plants in saline environments. pp. 39-55. Springer-Verlag, Berlin.

Sibale, E.M. and Smith, M.E. (1996). Relationship between secondary traits and grain yield of maize in low N soils in Malawi. Proc. of a symposium, CIMMYT, El-Batan, Mexico, 25-29 March 1996, part (1):245-248.

Sobh, M.M., Genaidy, S. and Hegazy, M. (2000). Comparative studies on mineral and bio-fertilization for some main field crops in Northern Delta soils. Zagazig J. Agric. Res., 27 (1): 171-179:

Stapper,M.and Fischer ,R.A. (1990). Genotype, sowing date and plant spacing influence on high-yielding irrigated wheat in southern New South Wales. III. Potential yields and optimum flowering dates. Aust.J. Agric. Res. 41:1043-1056.

Tale, M. (1985)."Genetics of salt tolerance in higher plants: Theoretical and practical considerations. Pl. Soil. 89:199-226.

Termat, A., Passioura, J. B. and Munns, R. (1985). "Shoot turgor does not limit shoot growth of NaCl affected wheat and barley". Pl. Physiol. 77: 869-872.

Tollenaar, M., Aguiler, A. and Nissanka, S. P. (1997). Grain yield is reduced more by weed interference in an old than in a new maize hybrid. Agron. J., 89, (2): 239-246.

Toriyama,K. (1996). How does an input level determine sustainability of a cropping system?. The 2nd Asian Crop Sci. Conf.(2nd ACSC). Fukui, Japan . August 21-23 ,1995.128-133.

Ungar, I. A. (1978). "Halophyte seed germination". Bot. Rev. 44: 233-263.

Van-Beem, J. and Smith, M. E. (1996). Variation in nitrogen use efficiency and root system size in temperate maize genotypes. Proc. of a Symposium, CIMMYT, El-Batan Mexico, 25-29 March, 241-244.

Waisel, Y. (1972). Biology of halophytes. Academic press, New York.

Weimberg R. (1987). Solute adjustment in leaves of two species of Wheat at two different stages of growth in response to salinity. Physiol. Plant. 70:381-388.

Yeo, A. R. (1983). "Salinity resistance: Physiology and Prices." Pl. Physiol. 58:214-222.

Yeo, A. R. and Flowers, T. J. (1982). "Accumulation and localiza-tion of sodium ion, within the shoots of rice (Oryza saliva) variaties differing in: salinity resistance." Pl. Physiol. 56: 343-348.

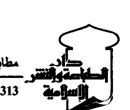
Yoshioka, H.(1991). Environmentally conscious techniques in horticulture.

.Agriculture and Economics. (Nogyo to Keizai), 57 (14), 71-74. (in Japanese)

Zahner, R. (1968). "Water deficits and growth of trees." In :Kozlouski,T. T. (Ed.) water deficits and plant growth volume 2. pp. 191-254. Academic Press, New York.

Zekri, M. and Parsons, L. R. (1989). "Growth and root hydraulic conductivity of sev-eral rootstocks under salt and polyethylene glycol stresses". Pl. Physiol. 77: 99-106.

Ziska, L. H., Seemann, J. R. and Devong, T. M. (1990). "Salinity induced limitations on photosynthesis in prunus salicina, a deciduous tree species". Pl. Physiol. 93: 864-870.



مطابع دار الطباعة والنشر الإسلامية/العاشر من رمضان/المنطقة الصناعية ب٢ تليفاكس : ٣٦٢٣١٣ - ٣٦٣٣١٤

Printed in Egypt by ISLAMIC PRINTING & PUBLISHING Co. Tel:. 015 / 363314 - 362313

مكتب القاهرة : مدينة نصر ١٢ ش ابن هانيء الأندلسي ت : ٤٠٣٨١٣٧ - تليفاكس : ٤٠١٧٠٥٣